

GEOLOGISKA FÖRENINGENS

I STOCKHOLM

FÖRHANDLINGAR.

BAND 36. Häftet 4.

April 1914.

N:o 298.

Mötet den 2 april 1914.

Närvarande 40 personer.

Ordföranden, hr MUNTHE, hälsade Föreningens närvarande utländska Ledamöter hrr BRÖGGER, RAMSAY, BACKLUND och GOLDSCHMIDT välkomna samt meddelade, att Styrelsen till Ledamöter af Föreningen invalt:

Bergsingenjören F. R. J. WANJURA, Koskullskulle, på förslag af hrr Gavelin och Tegengren.

Meddelades, att tacksamhetsskrifvelser anländt från professorerna WALDEMAR LINDGREN, Boston, och CARL WEBER, Bremen, för deras inval till Korresponderande Ledamöter af Föreningen.

Föreningen beslöt att utbyta publikationer med Trondhjems Museum, Norge.

Herr G. DE GEER höll föredrag om *den senglaciala isrecessionen inom den Baltiska dalen*, belyst af en karta i skalan 1:1 000 000 samt af skioptikonbilder. De hittills utförda geokronologiska undersökningarna hade hufvudsakligen koncentrerats på utarbetandet af en referens- eller standardlinje utefter västra sidan af den baltiska dalen, där recessionen blifvit direkt fastställd inom härvarande senglaciala hafsområde, hvars utsträckning varit bestämmande för uppdelningen af mätningsslinjen i skilda partier, framdragna såvidt möjligt i räffloras riktning. Linjens skilda partier voro förbundna genom vissa mera markerade israndslägen, hvilka efter hand blifvit allt närmare fastställda. I detta syfte hade föredr.

utfört en detaljerad granskning af alla tillgängliga räffeliakttagelser och israndsbildningar af skilda slag. Likaså fortgick deras definitiva fastställande genom följandet af bestämda årshvarf. Sålunda syntes det äldsta s. k. jättehvarfvet, hvilket registrerar den första stora tappningen åt den baltiska sidan från den Centraljämtska issjön kunna följas från mätningsslinjen utmed norra stambanan i Arbråtrakten utefter västra sidan af Dellarna och till Selångertrakten innanför Sundsvall. Likaså hade lerundersökningar, utförda af föredr. samt hrr N. ODHNER och A. O. ANTEVS, till hufvuddragen fastställt förloppet af de israndslägen, som markeras af de finiglaciala gränsmoränerna och motsvarande zoner af retarderad afsmältning.

Förf. har numera lyckats genom nya mätningar vid Sundsvall och Indal vinna bekräftelse på den af honom antagna konnektionen med hans tidigare mätningar i Ragundatrakten och äfven med dem LIDÉN meddelat från Ångermanälvens dalgång. Därmed äro samtliga luckor från Stockholm till isdelaren utfyllda. De som inom det gotiglaciala området ännu återstå komma att i sommar undersökas af hr ANTEVS, hvilken förra sommaren framgångsrikt slutförde undersökningen af hufvudlinjen och omgifvande trakter i nordöstra Skåne. Då föredr. genom denna provins följde det israndsläge, som valts att beteckna början af det gotiglaciala skedet, visade det sig, att såväl Tågarps som Kjöfinge—Heljarps dalarna äro baltiska israndsdalar, numera genomflutna af obetydliga, reliкта vattendrag.

Från och med den sista baltiska islobens maximiläge demonstrerades å kartan en serie skilda israndslägen, som syntes sannolika med hänsyn till hittills kända fakta och till de allmänna betingelser, som måste förutsättas för den gradvisa isrecessionen längs den baltiska dalen. Såsom föredr. tidigare framhållit, var isranden, här som i andra fall, konvex söder om dalen, som underlättat isrörelsen, men däremot konkav, då isrecessionen nått fram till norra sidan af dalen och då vattendjupet i densamma befrämjat kalfningen eller isfrakturen. Då

isranden framgick S om Gotland, hade den på grund af större tillströmning af is varit konvex mot öster, men åt väster konkav på grund af hitåt öfvervägande isfraktur. Den sålunda uppkomna isbukten torde förklara, hvarför isens sista strömriktning på Gotland gått mot SW. På samma sätt förklarades de analoga räfflorna vid Gäfle samt vid Kvarken.

Under det landisens Hangölob motsvarade tillströmningen öfver Bottenhafvets dalslätt och Saimenloben den som kommit öfver Bottenviken, torde Hämeen kangas eller Tavastmons lob väl också motsvara den senare men vid ett stadium, då den starkt reducerade isen tvingats att något vika af mot den baltiska dalen liksom tidigare vid dennas sydvästra del. Också denna nordbaltiska islob hade utan tvifvel från sidan delvis öfvertäckt redan blottad moränmark, hvilket vid blifvande recessionsmätningar i Finland torde beaktas. Man torde där lämpligen kunna framdraga en mätningsslinje från de stora finiglaciala gränsmoränerna vid Karis mot NW samt längs Kumo älf till Björneborg och vidare till Vasa och Kvarken, hvarefter fortsättning på svenska sidan borde kunna erhållas längs Virdelälven.

Utmed den i Sverige uppmätta linjen förete hvarfserierna stora olikheter, allt efter som recessionen af isranden försiggått i hafvet eller på land. Då i förra fallet älfmynningarna deltog i recessionen, aftogo hvarfven vid hvarje särskild punkt hastigt i mäktighet och utkilade snart nog alldeles; i senare fallet åter förblefvo älfmynningarna stationära, så snart isranden passerat upp öfver den dåvarande strandlinjen, utanför hvilken hvarfven afsattes med nära nog oförminskad mäktighet, så länge smältvattnet uppifrån landisen afbördades inom samma vattenområde. Däraf det betydande hvarfantallet i Bleking och nordöstra Skåne samt i de norrländska dalgångarna och väl äfven i den af REKSTAD omtalade lagerföljden vid innersta änden af Sognefjorden.

Slutligen lämnades en öfversikt öfver isrecessionens skilda karaktär på olika afstånd från den baltiska dalen, beroende

af mer eller mindre kontinentalt klimat samt olika terrängförhållanden.

Med anledning af föredraget yttrade sig hrr GRÖNWALL, A. G. HÖGBOM, BRÖGGER, MUNTHE och *födraganden*.

Hr A. G. HÖGBOM ansåg fördragandens tydning af de s. k. tappningshvarfven i de norrländska älfdalarna såtillvida osannolik, som det svårligen kunde tänkas, att en och samma issjöaftappning kunde ha spridit sina sediment i så vidt skilda och från hvarandra så isolerade fjordar, som dem Ljusnans, Indalsälvens och Ångermanälvens dalgångar då bildade. Vidare föreföll det oantagligt, att isranden under isrecessionen inom den bottniska bassängen skulle ha gått så som föredr. på sin karta utmärkt den. De NNO:liga räfflorna i Kvarken och ishafslerans kalkhalt i Hälsinglands kusttrakter syntes snarare tyda på att isranden där bildat en utbuktning mot söder under recessionen.

Hr G. DE GEER framhöll, att det var inom älvarnas mynningsområden som jättehvarfven konnekterats och att deras mäktighet aftog i slammets spridningsriktning. Såsom redan af föredr. framhållits, var det nog otvifvelaktigt, att de baltiska räfflorna på öarna i Kvarken förorsakats af isströmningen in emot den isbukt, som enligt lerundersökningen faktiskt uppkommit vid Bottenhafvets norra sida.

Sekreteraren anmälde för Förhandlingarna: O. TAMM: Die Auslaugung von Calciumkarbonat in einigen Böden der Ragundagegend.

Vid mötet utdelades n:o 297 af Förhandlingarna.

Die Auslaugung von Calciumkarbonat in einigen Böden der Ragundagegend.

Von

OLOF TAMM.

(Hierzu Taf. 3.)

Verf. ist seit dem Sommer 1912 mit Untersuchungen der jungfräulichen Böden in der Gegend von Ragunda beschäftigt. Die Grundzüge und das angestrebte Ziel der Untersuchungen sind schon in einer kurzen vorläufigen Mitteilung (26) skizziert worden; unter anderem habe ich dort die intensive Calciumkarbonatauslaugung in allen Böden der Gegend hervorgehoben. Diese Auslaugung geht dem Podsolprozess voraus und ist eine Bedingung für diesen. Das Wesen der beiden Prozesse ist indessen so verschieden, dass es mir geeignet scheint, die Ca CO_3 -Auswaschung zuerst für sich zu beschreiben.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, hier meinen Lehrern, den Herren Prof. G. DE GEER, Prof. H. HESSELMAN und Prof. H. BÄCKSTRÖM meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Auch bin ich den Herren Prof. A. VESTERBERG und Dr. R. MAUZELIUS für mehrere methodische Ratschläge zu grossem Dank verpflichtet. Den Herren Cand. phil. C. CARLZON, Lic. phil. H. WILSON AHLMANN und Lic. phil. R. SANDEGREN verdanke ich die ganze quartärgeologische Grundlage meiner Untersuchungen, ohne welche Grundlage dieselben kaum hätten zu-

stande kommen können. Der Vorstand des »Hydrografiska Byrån«, Herr Dr. A. WALLÉN, hat mir gütigst Anweisungen betreffs Berechnung des im Boden herunterickernden Regenwassers gegeben.

Untersuchungsmethoden.

Einige von mir angewandte Untersuchungsmethoden möchte ich hier skizzieren. Der Calciumkarbonatgehalt im Boden wird direkt qualitativ mit Salzsäure ermittelt, schon 0.2 % CaCO_3 kann dadurch entdeckt werden (nach meinen eigenen Versuchen). Durch systematisches Prüfen mit Salzsäure wird bald die Kalkgrenze oder die Grenze, über welche CaCO_3 in einem Bodenprofil nicht mehr gefunden wird, entdeckt. Wenn das Profil von besonderem Interesse war, wurde eine Skizze davon angefertigt und Proben zur näheren Untersuchung im Laboratorium genommen. Entweder wurden Zinkrinnen in das Profil hineingepresst, wodurch eine Bodensäule in natürlicher Lagerung erhalten wurde, oder wenn das nicht möglich war, Serien von Proben von je 200 Gramm in verschiedenen Tiefen entnommen.

Die Arbeit im Laboratorium bestand hauptsächlich in CaCO_3 -Bestimmungen. Da die Bestimmungsmethoden des Calciumkarbonats im Boden mit vielen Fehlerquellen behaftet sind, schien es mir notwendig einige dieser Methoden einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Zunächst handelte es sich um die Kohlensäurebestimmung. Die gewichtsanalytische Methode¹ wurde zuerst gebraucht, schien mir aber zeitraubend und bei kleineren CaCO_3 -Gehalten wenig genau. Viel bequemer ist die von VESTERBERG (27, 28, 29) ausgearbeitete titrimetrische Methode. Diese, die mit einer Destillation der Kohlensäure in Vacuum operiert, liefert vorzügliche Resultate mit geringeren Substanzmengen und grosser Zeitersparnis. Da die ganze Destillation nur in fünf bis zehn Minuten statt-

¹ Die Kohlensäurebestimmung nach FRESSENIUS.

findet, und die Konzentration der gebrauchten Salzsäure sehr niedrig gehalten werden muss, erhob sich jedoch die Frage, ob auch gröbere Sedimente, die CaCO_3 als grosse Körner enthalten, in dieser kurzen Zeit völlig von der Säure zerlegt werden können. Ich habe darum folgende Untersuchung angestellt. Zwei Bodenproben, die eine ein Lehm (Schwed. Mjåla, mechanische Analyse in Tab. 5, No. 6 a), die andere ein Sand (Tab. 5, No. 9), wurden zuerst mit Lupe und Mikroskop untersucht, um zu konstatieren, ob das CaCO_3 , das in Form von Silurkalk zugegen war, auch als grössere Körner vorkäme. Dies war auch der Fall; im Sande konnte ich sehr gut 2 mm grosse Silurkalkkörner herauslesen. Dann wurde der Kohlensäuregehalt zuerst gewichtsanalytisch, dann titrimetrisch (nach VESTERBERG) ermittelt. Das Resultat geht aus Tab. 1. hervor. G. in der Tabelle bedeutet: gewichtsanalytisch bestimmt, T. titrimetrisch. Der Kohlensäuregehalt ist in Prozenten der bei 105° Celsius 2 Stunden getrockneten Substanz angegeben. Im folgenden werden alle chemischen Analysen in solcher Weise angegeben. (Eine Ausnahme bildet Tab. 2.; die Analysen hier wurden ja nicht von mir ausgeführt.)

Tab. 1.

Lehm		Gehalt von CO_2		Sand	
G.	1.37 %	G.	1.19 %		
G.	1.35	T.	1.18		
T.	1.38	T.	1.21		
T.	1.34	T.	1.27		

Nachdem ich den von VESTERBERG beschriebenen Apparat mit einem kleinen Kühler versehen hatte, wurde die Übereinstimmung von Doppelanalysen im allgemeinen noch besser. (Z. B. 1.49 % und 1.49 % Lehm; 0.128 % und 0.131 %, Osgrus).

Aus den Versuchen geht unzweideutig hervor, dass die titrimetrische Methode auch für die *grobkörnigen Böden* gute

Resultate liefert, und ich habe sie daher im Folgenden fast ausschliesslich gebraucht.

Nun erhob sich die Frage, ob der Calciumkarbonatgehalt des Bodens oder Untergrunds sich genau durch die Kohlensäurebestimmung ermitteln lasse. KOSSOWITSCH (19) hebt hervor, dass die Humusstoffe bei der Behandlung mit kochender Salzsäure Kohlensäure abgeben können. Diese Fehlerquelle glaube ich jedoch nicht fürchten zu brauchen, denn die von mir analysierten Bodenproben sind sehr humusarm; die organischen Stoffe darin bestehen hauptsächlich aus unverwesten Pflanzenresten.

Eine gefährlichere Fehlerquelle schien mir der Umstand zu sein, dass ein Teil der Kohlensäure an andere Metalle, namentlich Magnesium und Eisen, gebunden sein kann. Der Karbonatgehalt der quartären Ablagerungen des Ragundatales stammt wohl ausschliesslich von der Silurregion Jämtlands her. Da der Silurkalk immer etwas Magnesiumkarbonat enthält, das vielleicht nach HÖGBOM (17) bei jeder Neusedimentierung durch Wasser im Verhältnis zum Calciumkarbonat angereichert worden ist, so war die Möglichkeit vorhanden, dass ein ziemlich grosser Teil der Kohlensäure z. B. eines Flusslehms als Magnesiumkarbonat vorkäme. Frühere Analysen von Tonen, Sanden u. s. w. aus dem Tal der Indalsälf deuten auch auf einen ziemlich bedeutenden Gehalt von $MgCO_3$ hin. Tab. 2 enthält einige Analysen¹ aus einer Arbeit von HÖGBOM (16); sie sind im Laboratorium der Geologischen Landesanstalt Schwedens ausgeführt worden.

Die Lokale, von denen die Analysenproben stammen, gehören entweder zu der von mir untersuchten Gegend oder liegen in der Nähe derselben.

Tab. 2.

Ablagerung	Lokal	Ca CO ₃ %	Mg CO ₃ %
Osgrus	Stugun	0.54	2.29
Ton	Näset	3.18	0.42
Ton	Stugun	1.75	3.43
Sandiger Ton	Näset	1.93	1.88

¹ Ich habe die Analysen in Prozente $CaCO_3$ resp. $MgCO_3$ umgerechnet.

Es muss jedoch erwähnt werden, dass die früheren Methoden zur Bestimmung der Karbonate des Kalkes und der Magnesia im Boden wenig zuverlässig sind; man hat im allgemeinen die Proben mit Salzsäure extrahiert; dabei gehen, wie VESTERBERG und MAUZELIUS (30; 31, p. 124) nachgewiesen haben, erhebliche Mengen von silikatisch gebundenem Kalk und Magnesia in Lösung selbst wenn man 1 %-ige, kalte Salzsäure anwendet. Die Zahlen für den Gehalt an CaCO_3 und MgCO_3 in Tab. 2 dürften daher zu hoch sein.

Da Kohlensäure indessen auch als Ferrokarbonat im Boden vorkommen kann, schien es mir durchaus notwendig, eine kritische, analytische Untersuchung anzustellen, um festzustellen, in wie weit der Kohlensäuregehalt eines Bodens dem Calciumkarbonat entspricht. Da es mir zugleich wünschenswert schien, eine Übersicht über den CaCO_3 -, MgCO_3 - und FeCO_3 -Gehalt der quartären Ablagerungen meiner Untersuchungsgegend zu erhalten, wurden die Analysenproben so gewählt, dass auch diese Frage beantwortet werden sollte.

Zehn in Bezug auf den CaCO_3 -Gehalt und die Korngrösse sehr verschiedene Proben wurden herausgewählt und mechanisch analysiert (Tab. 5, Seite 230). Dann wurden nach dem Muster von VESTERBERG (31, p. 124). Extrakte mit 2-prozentiger kalter Essigsäure hergestellt. Von den karbonatreichen Tonen wurden ungefähr 5 g zur Extraktion abgewogen, von den ärmeren Ablagerungen bis 30 g. Die gewogenen Proben wurden in Erlenmeyerkolben von 200 ccm gebracht und mit 100 ccm 2 % Essigsäure versetzt. Dann liess ich sie unter zeitweiligem Umschütteln stehen. Um den Zeitpunkt festzustellen, wann alles Karbonat in Lösung gegangen war, wählte ich einen Kolben heraus, der einen CaCO_3 -reichen, grobkörnigen Sand (derselbe Sand wie in Tab. 1) enthielt, und durchbohrte den Stopfen desselben. Dann wurde ein gebogenes Glasrohr wie in Fig. 1 durch den Stopfen gesteckt. Das Rohr hielt 2 mm im Durchmesser. Es wurden einige Tropfen Wasser eingefüllt, so dass das Ganze eine Art offe-

nes Manometer bildete. Wenn man den Stand des Wassermeniskus bestimmte und dann den Kolben umschüttelte, ohne dass eine Wärmezufuhr von der Hand zum Kolben gestattet wurde, was sehr leicht durch Umhüllen des Kolbens mit Tuch gelang, war das Steigen des Meniskus ein Beweis dafür, dass, der Kolbeninhalt noch Kohlensäure entwickelte. Als die Kolben 4 Tage, also 96 Stunden, gestanden hatten, blieb der Wassermeniskus beim Umschütteln auf derselben Höhe stehen. Ich machte einen Vergleichsversuch mit demselben Sand und 1-prozentiger Salzsäure; die Versuchsbedingungen waren sonst identisch gleich. Jetzt aber war nach dem »Ma-

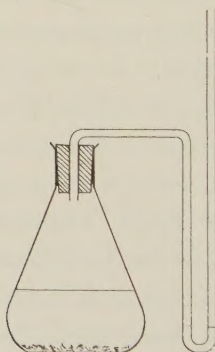


Fig. 1. Apparat für die Herstellung der Essigsäureextrakte.

nometer» schon in 2 Stunden alle Kohlensäure weggegangen. Bei Versuchen mit CaCO_3 -reichen Tonen und Lehmen in Essigsäure war die Reaktion auch viel schneller als bei dem groben Sande beendet.

Der hauptsächliche Vorteil des angegebenen Verfahrens ist der, dass man die Kolben nicht unnötig viel umzuschütteln braucht, wodurch immer (VESTERBERG, l. c.) ein Teil silikatisch gebundenener Kalk und Magnesia in Lösung geht.

Nach 96-stündigem Stehen wurde also der Inhalt der zehn Kolben filtriert und die Rückstände sorgfältig ausgewaschen. Dann wurden diese in den Apparat für die Kohlensäurebestimmung mit kohlensäurefreiem Wasser hineingespült und

ihr Kohlensäuregehalt bestimmt. Wie es aus Tab. 4, Seite 11 hervorgeht, bleibt der Kohlensäuregehalt ausser in ein paar Analysen innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler, die wahrscheinlich 0.01 % betragen. Dies deutet darauf hin, dass der Dolomitgehalt und damit der Magnesiumkarbonatgehalt der Proben gering sein muss, denn nach VESTERBERG (l. c.) ist der Dolomitgehalt in Tonen in 2 %-ger Essigsäure sehr schwerlöslich. Wie aus Tab. 4, hervorgeht, ist auch der MgCO_3 -Gehalt der Proben sehr gering.

In den Extrakten wurden Calcium, Magnesium, Eisen und Kieselsäure, letztere als ein Mass der in Lösung gegangenen Silikate, bestimmt. Das Eisen wurde als nur FeO berechnet, denn wahrscheinlich löst die schwache Essigsäure keine Ferrisilikate, sondern nur Ferrokarbonat, Schwefeleisen und ein wenig Ferrosilikat. Das Eisen wurde massanalytisch durch Titration mit Kaliumpermanganat in der mit absolut eisenfreiem Zink reduzierten schwefelsauren Lösung der Ammoniakfällung bestimmt, die übrigen Bestandteile gewichtsanalytisch nach den üblichen Methoden.

Das Resultat der Analysen (Tab. 4, Seite 229) zeigt erstens, dass das Eisen nur als äusserst geringe Verunreinigung in allen Proben ausser No. 4 vorkommt. Auch Magnesia tritt neben Kalk ganz zurück. Die Differenzen zwischen den aus den Gehalten an CaO , MgO und FeO berechneten Gehalten an Kohlensäure und den gefundenen, geben ein anschauliches Bild von der grossen Genauigkeit, mit welcher das karbonatgebundene CaO sich durch Extraktion mittelst Essigsäure bestimmen lässt. Die sehr kleinen Mengen Kieselsäure zeigen ja auch, dass sehr wenig von Silikaten selbst beim Ton und Lehm in der Essigsäure gelöst wird. Das Hauptresultat in chemisch-analytischer Hinsicht ist also dies: *dass der Gehalt an Calciumkarbonat bei einer Bodenart von den Typen, die in der Ragunda-Gegend vorkommen, sehr gut durch die Kohlensäurebestimmung ermittelt wird.* Daher habe ich mich im Fol-

genden fast ganz auf Kohlensäurebestimmungen nach VESTERBERG beschränkt.

Die mechanischen Analysen wurden in der Hauptsache nach ATTERBERGS (2, 3) Vorschriften ausgeführt. Wie in meinen früher publizierten mech. Analysen (26) habe ich hier nach ATTERBERGS Muster die Ideen von BEAM befolgt. Um zu sehen, welche Genauigkeit dieses Verfahren ohne jedes Kochen der Bodenproben gestattet, habe ich von einem typischen Lehm zwei Analysen ausgeführt, die in Tab. 3 wiedergegeben werden.

Tab. 3.

	Mo	Schluff	Schlamm
	0.2—0.02 mm.	0.02—0.002 mm.	< 0.002 mm.
	%	%	%
1.	51.7	41.3	7.0
2.	52.4	40.4	7.2

Die Übereinstimmung ist befriedigend.

Beim Schlämmen habe ich Zylinder angewandt, die nur durch die Einrichtung für den Ablauf des Wassers sich von ATTERBERGS Schlämmzylindern unterscheiden. Diese Einrichtung ist aus Fig. 2 ersichtlich,

Das Ablaufrohr, das im inneren Ende nach oben eine Öffnung hat, kann vermittels eines Kautschukschlauches (mit einer Spur Glyzerin geschmiert) bis zur Marke a in den Zylinder hineingeschoben werden. Dadurch kann sehr rasch die Schlämmflüssigkeit bis zum Nullpunkt der Skala weggezapft werden, ohne dass man zu befürchten braucht, dass etwas von dem schon abgesetzten Teil der Probe weggeführt wird. Nach dem Abfließen des Wassers zieht man das Rohr zurück (Fig. 2, die gestrickelte Lage), und kann jetzt den Apparat wieder füllen und zur Sedimentierung stehen lassen. Die Anwendung im Übrigen ergibt sich aus ATTERBERGS Vorschriften.

Als Grenzen der verschiedenen Korngrößen sind die von ATTERBERG gebraucht. Da mir keine Rundlocksiebe zur Verfügung standen, habe ich Messingdrahtnetze zum Absieben gebraucht.

Hervorgehoben werden muss, dass die Kalkauslösung in CaCO_3 -reichen Proben während des Schlämmens eine nicht unbedeutende Fehlerquelle ist, die zuweilen ein paar Prozente betragen kann.

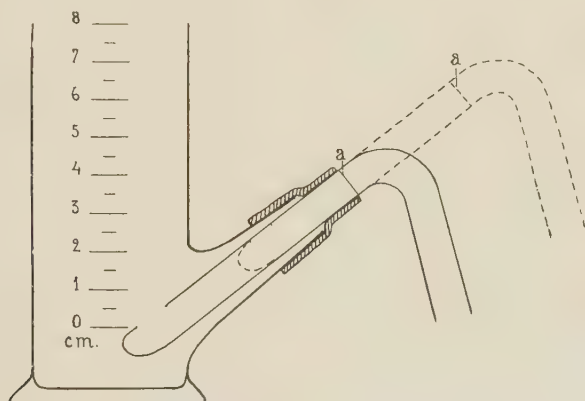


Fig. 2. Schlammzylinder nach Verf.

Der CaCO_3 -Gehalt der quartären Ablagerungen¹ in der Ragundagegend.

Hier sei zunächst eine Übersicht über diese Ablagerungen gegeben.² Die ältesten sind die glazialen Bildungen, also die *Moränen*, die *Osen* und der *Warwenton*³ (Eismeerton). Dann kommen die *Deltasedimente* der Indalsälf, die während der

¹ Ausser den organogenen Bildungen.

² Die Ablagerungen in einem nordschwedischen Flusstal sind besonders von HÖGBOM untersucht worden. Eine schematische Übersicht derselben findet sich bei HÖGBOM (13, p. 163, 14, p. 151). Auch bei LIDÉN (21).

Die Ablagerungen der Ragundagegend sind studiert von FEGRAEUS (10), HÖGBOM (18), DE GEER (7, 8, 9), AHLMANN, CARLZON und SANDEGREN (1), CARLZON (5). Die Ragunda-Gegend ist eine der am genauesten quartärgeologisch untersuchten Gegenden Schwedens, was sie natürlich für pedologische Forschungen sehr geeignet macht.

³ Warwenton ist nach DE GEER ein Bänderton mit deutlichen Schichten, deren jede während eines Jahres abgelagert worden ist. Eine solche Schicht wird von DE GEER Warw (Schwed. varv) genannt (DE GEER, 8, p. 458). Für Lehm, der Jahresschichten hat, empfiehlt sich das Wort Warwenlehm.

postglazialen Landhebung sich zuerst über die höheren, dann über die tieferen Teile des Tales als eine Reihe von Deltas ausbreiteten. Diese Sedimente sind *Sand* (in den proximalen Teilen der Deltas) und *Lehm* bis *tonartiger Lehm* (in den distalen Teilen). Dazu kommen die *Sedimente des Ragunda-sees*, die denselben Charakter haben, und noch zwei Kategorien: *Sand*, der bei der Katastrophe 1796, als der Ragunda-see abgezapft wurde,¹ abgelagert wurde, und *äolische Bildungen*, von denen die Sanddüne bei Hammarstrand von HÖGBOM (18) beschrieben worden ist. — Ich will mich hier fast nur mit dem CaCO_3 -Gehalt aller dieser Ablagerungen beschäftigen.

Da die Eisscheide wenigstens während einer Epoche der Eiszeit westlich von der Ostgrenze der Silurgegend Jämtlands² geblieben ist, erklärt sich das Vorkommen von Blöcken aus Silurkalk,³ die in den Moränen etc. gefunden werden. Noch mehr zeigt sich diese Nachbarschaft einer Kalkgegend durch den oft vorkommenden Karbonatgehalt der Sedimente. Die meisten von diesen haben nämlich einen erheblichen CaCO_3 -Gehalt, der nach mikroskopischer Untersuchung in Form von Orthocerenkalk zugegen ist. Ausgefälltes CaCO_3 habe ich nicht nachweisen können.

Die Moränen⁴ haben vielleicht alle einen CaCO_3 -Gehalt⁵ gehabt, da sie aber immer die höchsten Teile der Landschaft decken, die am längsten über das Meeresniveau gehoben gewesen, ist es leicht verständlich, dass im allgemeinen ihr CaCO_3 -Gehalt ausgelaugt ist. Überall, wo ich Profile in Moränenböden untersucht habe, erhielt ich kein Aufbrausen mit Salzsäure, auch nicht in den tiefsten Schichten, die jedoch nicht mehr als höchstens 2 bis 3 m tief von den Bodenoberfläche her gewesen sind. Wenn man Moränen in den von der Indalsälf aus-

¹ Diese Katastrophe findet sich bei HÖGBOM (18, p. 88) beschrieben.

² HÖGBOM: 16. CARLZON: 4. LIDÉN: 21. FRÖDIN: 11.

³ Über Blöcke, vgl. HÖGBOM, 16, p. 28 und CARLZON, 5, p. 319.

⁴ Unter Moräne wird hier der sich als eine Decke ausbreitende Bodenmoränen-grus verstanden.

⁵ Über den Kalkgehalt der Moränen etc., vgl. FEGRAEUS, 10, p. 24, 29.

Tab. 4.

Chemische Analysen der Essigsäureextrakte.

Ablagerung	Extrahierte Substanz gr.	SiO ₂ %	FeO %	MgO %	CaO %	Ca CO ₃ von CaO berechnet %	CO ₂ im Auslaugungs-Rückstand %	CO ₂ im Extrakt, von CaO + MgO + FeO berechnet net %	CO ₂ im Extrakt, gefunden %	CO ₂ ber. — CO ₂ gef. + CO ₂ im Rückstand %
1. <i>Monöpe</i> (Dövik)	10·2021	0·02	0·00	0·05	2·27	4·05	0·00	1·84	1·71	+ 0·13
2. <i>Osgrus</i> (Ammer)	17·3874	0·01	0·00	0·005	0·14	0·24	0·00	0·11	0·13	— 0·02
3. <i>Osgrus</i> (Hammarstrand)	18·2900	0·01	0·00	0·01	0·18	0·33	0·01	0·16	0·16	+ 0·01
4. <i>Warcenton</i> ¹ (Hammarstrand)	4·5020	3)	0·10	0·14	3·14	5·60	0·04	2·68	2·53	+ 0·19
5. <i>Warcenton</i> ² (Singsån)	5·8220	0·05	0·01	0·11	2·87	5·12	0·03	2·37	2·21	+ 0·19
6. <i>Lehm</i> . postgl. (Hammarstrand)	8·9823	3)	0·01	0·06	1·67	2·98	0·01	1·38	1·36 ⁴	+ 0·03
7. <i>Lehm</i> , postgl. (Vikbäcken)	10·3655	0·05	0·01	0·09	1·09	1·95	0·00	0·95	0·92	+ 0·03
8. <i>Geschichteter Sand</i> . (Indalsälä bei Krokvåg)	14·9945	0·01	0·00	0·04	0·53	0·94	0·00	0·45	0·45	0·00
9. <i>Sand</i> (1796) (Hammarstrand)	9·0624	0·01	0·01	0·02	1·47	2·61	0·01	1·16	1·21 ⁴	— 0·04
10. <i>Flugsand</i> (Ammer)	31·6690	0·02	0·00	0·02	0·19	0·35	0·07 ⁵	0·18	0·18	+ 0·07

¹ Grauschwarz, nicht oxydiert. ² Braungefärbt. ³ Nicht bestimmt. ⁴ Vgl. Tab. 1. ⁵ Diese Probe enthielt Humus. Dies ist wahrscheinlich die Ursache des abnormen CO₂-Gehalts des Rückstandes, denn dieser wurde nicht bei 105° getrocknet; er wurde erst nach einigen Tagen in den Analysenapparat gespült. Während dieser Zeit kann ja der Humus etwas CO₂ entwickelt haben.

Tab. 5.

Mechanische Analysen.

Ablagerung	Gesamtboden		Feinerde				Schlamm (nach A.) < 0.002 mm %	
	Kies > 2 mm %	Feinerde < 2 mm %	Sand (nach Atter- berg) 2—0.2 mm %	Mo ¹ (nach A.) 0.2—0.02 mm %		Staub ¹ (nach A.) 0.02—0.002 mm %		
				0.2— 0.06 mm %	0.06— 0.02 mm %	0.02— 0.006 mm %		0.006— 0.002 mm %
1. <i>Morän</i> (Dövikén)	38.0	62.0	28.6	45.0		19.9		6.5
2. <i>Osgrus</i> (Ammer)	72.8	27.2	95.0	5.0		—		—
3. <i>Osgrus</i> (Hammarstrand)	4.9	95.1	93.0	7.0		—		—
4. <i>Warwenton</i> . . . (Hammarstrand)	—	100.0	0.7	2.2		35.4	36.6	25.1
5. <i>Warwenton</i> . . . (Singsån)	—	100.0	0.6	2.7		9.2	51.3	36.2
6. <i>Lehm</i> , postgl. (Hammarstrand)								
a. über der Kalk- grenze, 1 dm Tiefe	—	100.0	—	7.9	44.5	40.4		7.2
b. 2 m Tiefe . . .	—	100.0	—	11.1	45.6	36.9		6.4
7. <i>Lehm</i> , postgl. . . (Vikbäcken)	—	100.0	—	2.2	32.1	57.6		8.1
8. <i>Geschichteter</i> <i>Sand</i> (Indalsälå bei Krokvåg)	—	100.0	65.0	34.3		0.7		—
9. <i>Sand</i> (1796) . . . (Hammarstrand)	5.9	94.1	76.4	23.6		—		—
10. <i>Flugsand</i> (Ammer)	—	100.0	9.8	83.9		3.6		2.7

geschnittenen Profilen findet, wo sie mehrere Meter unter der Bodenoberfläche liegen, sind sie CaCO_3 -führend. Ein Beispiel bietet Probe 1 (Tab. 4 u. Tab. 5), die von Dövikén stammt. (Bei Dövikén kann man nach CARLZON (5, p. 314) einen besonders hohen CaCO_3 -Gehalt in den Moränen erwarten.)

¹ Die Korngrößen Mo und Staub sind in einigen Fällen in zwei Unterabteilungen geteilt, um die Sedimente besser zu charakterisieren.

Es war interessant zu sehen, wie der Silurkalk in den verschiedenen Korngrössefraktionen einer kalkreichen Moräne vertreten war. Zu diesem Zweck wurde zuerst das grösste Kiesmaterial aus einer Probe der Moräne bei Döviken durch Absieben mittelst eines Netzes mit 5 mm-quadratischen Maschen abgeschieden. Dann wurde die Probe durch ein 2 mm-Netz gesiebt, wodurch also im ganzen 3 Korngrössefraktionen gewonnen wurden: Eine mit Grössen über 5 mm (sie betrug 164.5 g von 725.5 g ursprünglicher Probe), eine Fraktion mit Grössen von ungefähr 5 mm — 2 mm (diese Fraktion betrug 111 g). Die letzte Fraktion endlich war feinkörniger als 2 mm (sie betrug 450.5 g). Diese Fraktion wurde zur Analyse in Tab. 4 angewandt. In den ersten zwei Fraktionen wurde der Gehalt an Orthocerenkalk mit Pinzette ausgelesen und gewogen. Durch Übergiessen mit Salzsäure wurde der Rest auf Abwesenheit des Kalkes kontrolliert. Die erste Fraktion enthielt 6.8 % Silurmaterial, die zweite 6.5 % und die dritte nach Tab. 4 4.05 % CaCO_3 . Da das Silurmaterial nach Analyse 67.8 % CaCO_3 enthält, entspricht 4.05 % CaCO_3 6.1 % Silurmaterial. In dieser Moräne ist also der Gehalt an Silurkalk bei den verschiedenen Korngrössen ziemlich genau derselbe. Eine CaCO_3 -Bestimmung bei den durch Schlämmung erhaltenen feineren Fraktionen lohnt sich nicht, denn ein wesentlicher Teil des CaCO_3 wird dabei gelöst. Ich habe durch Versuche mit Lehm festgestellt, dass aus den feinsten Fraktionen die Hälfte des CaCO_3 derselben beim Schlämmen gelöst wurde, so dass dadurch ein erheblicher Fehler in der mechanischen Analyse entstand.

Wie die Moräne enthalten auch die Osen CaCO_3 . Es ist ziemlich schwierig, Proben aus Osmaterial zu nehmen, ohne dass man ausgelaugten Grus erhält. Die beiden in Tab. 4 und 5 analysierten Proben von Osmaterial (No. 2 und 3) sind daher wahrscheinlich betreffs des CaCO_3 -Gehaltes nicht für die Osen charakteristisch; diese dürften jedoch viel ärmer an CaCO_3 als die Moränen sein.

An der Halå habe ich CaCO_3 -freien Osgrus zwischen stark CaCO_3 -haltigen Warwentonlagern gefunden; solche Zwischenlagerungen, die auf Oszillationen des abschmelzenden Eisrandes oder Abrutschungen hindeuten, sind nicht selten, vgl. CARLZON (5, p. 320). In diesem Falle war selbstverständlich der Osgrus von Anfang an CaCO_3 -frei.

Als Böden treten in der Ragundagegend die Osen neben anderen Ablagerungen ganz zurück, nur der Vollständigkeit wegen werden sie hier erwähnt.

Die Warwentone dagegen spielen als Bodenbilder eine hervorragende Rolle. Sie enthalten immer von Anfang an viel CaCO_3 . Zwei Proben von Warwenton sind in Tab. 4 u. 5. analysiert; die Proben sind so tief genommen, dass eine Auslaugung ganz ausgeschlossen ist. Ein lehmartiger Warwenton in der Gegend von Bispgårdén enthält nach der Kohlensäurebestimmung 4.41 % CaCO_3 . In Tab. 2 giebt es auch 2 Tonanalysen, die ja ziemlich karbonatreich sind.

Die beiden in Tab. 4 untersuchten Warwentonproben unterscheiden sich in einer Hinsicht: die eine, No. 4, war grauschwarz, die andere, No. 5, braungelb. Selbstverständlich muss die Ursache der braungelben Farbe bei No. 5 eine Oxydation irgend einer Ferroverbindung sein. Aber welche? Silikatisch gebundene Ferroverbindungen kommen in allen Böden der Ragundagegend reichlich vor; man sieht sogleich unter dem Mikroskop ganz unverwitterte Körner von Biotit, Amphibol etc. Ich betrachte es daher als ausgeschlossen, dass die braune Farbe vieler Tone durch Oxydation von Ferrosilikatverbindungen entstanden sein kann, vielmehr muss sie entweder durch Oxydation von *Ferrosulfid*, FeS , *Ferrokarbonat*, FeCO_3 oder *Pyrit*, FeS_2 gebildet sein.

Wenn wir jetzt zu Tab. 4 zurückkehren, finden wir, dass Probe 4, die grauschwarz war, auch die einzige in der ganzen Tabelle ist, in der der Gehalt an FeO über die Versuchsfehler, die etwa 0.01 % betragen, steigt. Da es mir nicht gelungen ist, Schwefel durch Salzsäure und Bleisalzpapier nach-

zuweisen, muss diese in Essigsäure leichtlösliche Verbindung Ferrokarbonat sein. Die Vermutung, dass es in Probe 5 eben dieser kleine Gehalt an FeCO_3 ist, der oxydiert worden ist und als Farbstoff dient, wird da sehr wahrscheinlich, und ich nehme daher an, dass die Braunfärbung der Tone auf Oxydation eines kleinen Gehalts an FeCO_3 beruhen kann. — Probe No. 5 gehört einem im Folgenden zu beschreibenden Bodenprofil an (Profil No. 1, Seite 238).

Die Lehme sind meistens Teile von den Deltasedimenten der Indalsälf. Sie sind im allgemeinen kalkhaltig, aber weniger als der Warwenton. Dies stimmt ja auch dazu, dass sie oft zweimal abgelagert sind, zuerst als glaziale Bildungen und dann als Deltabildungen. Die beiden in Tab. 4 u. 5 untersuchten Proben sind nicht ausgelaugt und können als gute Beispiele der Eigenschaften der Deltalehme dienen. Beide gehören näher zu besprechenden Bodenprofilen (No. 2 u. 3) an. Die Lehme sind trocken gelb gefärbt und würden, wenn sie nicht so ausgeprägt geschichtet (Jahresschichten wie LIDÉN gezeigt hat; vgl. Seite 227) wären, dem Löss sehr ähnlich sein (vgl. FEGRAEUS, 10 p. 35).

In den äussersten Teilen der Deltas, geht der Lehm (schwed. Mjåla) in einen dünngeschichteten Ton (schwed. Fjordlera) über¹; dieser ist dem Warwenton sehr ähnlich und wie dieser karbonathaltig. Dagegen giebt es Teile von den Deltaehren, die von Anfang an CaCO_3 -frei sind; ich habe einmal eine schräge, mit den ebenfalls schrägen Schichten parallele Kalkgrenze beobachtet. Besonders wenn die Jahresschichten (Warwen) dünn sind, ist der Lehm oft CaCO_3 -frei. (Vgl. HÖGBOM 17.)

Die proximalen Gebiete der Deltas bestehen aus Sand, der meistens geschichtet ist. Ein Repräsentant dieser Ablagerungen ist Probe 8 (Tab. 4 u. 5). Zuweilen scheint der einschlägige Sand von Anfang an kalkfrei zu sein. Dies ist auch meistens der Fall mit dem bei der Entleerung des Ra-

¹ Vgl. AHLMANN, SANDEGREN, CARLZON 1, p. 351.

gundasees im Jahre 1796 in einigen Tagen abgelagerten Sande. Diese interessante Bildung zeigt indessen bezüglich des Kalkgehalts wie in anderen Hinsichten grosse Variationen; so kann man wie in Probe 9 (Tab. 4 u. 5) sogar 2.6 % CaCO_3 finden. Der Sand enthält oft Klümpchen von Lehm, die bei der Katastrophe mitgerissen wurden, die aber nicht Zeit gehabt haben, zermalen zu werden. Die Natur des Sandes ist von CARLZON festgestellt. Probe 9 gehört einem später zu beschreibenden Profil (No. 4) an.

Die äolischen Bildungen endlich sind zuweilen CaCO_3 -führend. Bei Ammer habe ich eine solche gefunden, die weiter unten (Profil 5) besprochen werden soll. Probe 10 gehört derselben an.

Als Resultat der Untersuchung gilt also, *dass die meisten Ablagerungen karbonathaltig sind. Der Warwenton ist die reichste, der Sand bzw. Osgrus die ärmste Ablagerung. Alle enthalten MgCO_3 nur als geringe Verunreinigung, die neben CaCO_3 vernachlässigt werden kann. Dies gilt in noch höherem Masse von FeCO_3 , das nur im schwarzen Ton irgend eine Rolle spielt.*

Die Auslaugung von CaCO_3 im Boden.

Die Auslaugung von CaCO_3 im Boden ist offenbar eine Folge des CO_2 -Gehaltes des heruntersickernden Regenwassers. Dass die Humusstoffe dabei direkt eine Rolle spielen, ist wenig wahrscheinlich; man hat ja immer die Kalkhumate als schwerlöslich betrachtet. Dagegen haben die Humusstoffe indirekt für die CaCO_3 -Auslaugung die grosse Bedeutung, einen Teil der Kohlensäure zu produzieren. Durch Oxydation der Humusstoffen sowie durch die Atmung der Pflanzenwurzeln entsteht nämlich der Gehalt an Kohlensäure in der Bodenluft. Diese wird dadurch viel reicher an CO_2 als die gewöhnliche Atmosphäre, was einen hohen CO_2 -Gehalt im heruntersickernden Wasser bedingt.

Wir wollen also die CaCO_3 -Auslaugung als eine Funktion der Menge durchsickernden Wassers, und dessen mittleren CO_2 -Gehaltes¹ betrachten. Wenn diese beiden Faktoren für verschiedene Böden bei gleichen Temperaturverhältnissen gleich sind, muss die jährlich ausgelaugte Quantität CaCO_3 in den verschiedenen Böden dieselbe sein, wenn der CaCO_3 -Gehalt so gross ist, dass das heruntersickernde Wasser daran gesättigt wird. Das Wasser muss ja CaCO_3 lösen, bis es gesättigt ist, und die Korngrösse des Materials muss also theoretisch wenig Einfluss haben. Der Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure ist freilich ein sehr wichtiger Faktor. Nach SCHLOESING (25) dürfte aber eine nicht zu grosse Änderung des CO_2 -Gehalts der Bodenluft nur eine kleine Änderung in der Sättigungskonzentration des sauren Calciumkarbonates hervorrufen. SCHLOESING hat die Löslichkeit des sauren Calciumkarbonates in CO_2 -haltigem Wasser bei verschiedenen CO_2 -Drucken untersucht; dabei fand er z. B., dass, wenn der CO_2 -Druck, etwa 0.014 Atm. beträgt, die Sättigungskonzentration von $\text{Ca}(\text{H.CO}_3)_2$ in g. CaCO_3 , pro l. berechnet, 0.223 ist; bei dem doppelten Druck ist die Sättigungskonz. 0.296 g pro. l und bei dem zehnfachen 0.553 g.

Aus theoretischen Gründen will ich also behaupten, dass die CaCO_3 -Auslaugung hauptsächlich eine Funktion der Menge des heruntersickernden Wassers ist.

In einem Bodenprofil in der Gegend von Ragunda kann man in Bezug auf die CaCO_3 -Auslaugung 3 Zonen entscheiden. Die erste ist durch Auslaugung von CaCO_3 völlig frei geworden. In der zweiten schreitet die Auslaugung in allen Niveaus fort. Die dritte endlich ist der von Auslaugung ganz unberührte Untergrund, wo sich zuweilen Konkretionen sammeln können. Die Grenze zwischen der ersten und zweiten Zone nenne ich die *Kalkgrenze*; diese ist immer sehr leicht mit Salzsäure aufzusuchen, denn dort fängt das Aufbrausen an. Bei einer feinkörnigen, CaCO_3 -reichen Ablagerung, ist

¹ Die Auslaugung durch andere Säuren kann, wie ich glaube, neben der Kohlensäureauslaugung vernachlässigt werden.

die zweite Zone sehr dünn (Profil 1 und 2), bei einer Grobkörnigen, besonders wenn diese arm an CaCO_3 ist, mächtiger (Profil 4). Im feinkörnigen Boden wird ja natürlich das herunter-sickernde Wasser sehr bald gesättigt, bei einem grobkörnigen erst in grösseren Tiefen. Darum sinkt die Kalkgrenze verhältnismässig schnell im Lehm, wo ich z. B. bei Krokvåg die Kalkgrenze in 7·8 m Tiefe gefunden habe (Profil 6). Im Sand sinkt die Kalkgrenze nicht so schnell; ich habe bei Dö-viken eine Tiefe derselben von 3 bis 4 m gefunden und bei Bispgården nur 2·6 m. Dagegen muss wohl die Grenze zwischen der zweiten und der dritten Zone im Sand viel schneller als im Lehm fortschreiten; diese Grenze ist aber leider nur durch mühsames Analysieren zu bestimmen (Profil 1, 2 und 3).

Wenn die Kalkgrenze bei ihrem langsamen Heruntersinken den Grundwasserstand erreicht, müssen natürlich andere Faktoren als die oben Skizzierten Einfluss üben; dies hat offenbar das Studium der Auslaugung besonders im Warwenton sehr kompliziert gemacht.

Ich habe in der vorliegenden Arbeit versucht, *die jährlich ausgelaugte Quantität CaCO_3* in einigen Böden der Ragunda-gegend zu bestimmen. Wie bekannt wurde der Ragundasee im Jahre 1796 durch eine Katastrophe binnen einigen Tagen entleert, und der Seeboden auf eine grosse Strecke hin trocken gelegt. Wie ich schon in der vorläufigen Mitteilung hervor-gehoben habe, kann man die Entwicklung der verschiedenen Bodenprozesse auf dem getrockneten Seeboden studieren und dadurch eine Vorstellung von deren Geschwindigkeit bekom-men.

Dies gelang aber zuerst nicht mit der Kalkauslaugung. Die Kalkgrenze zeigte auf dem alten Seeboden eine so tiefe Lage, dass mir die Sache völlig rätselhaft erschien. Freilich konnte ich mir zum Teil die tiefe Lage der Kalkgrenze auf dem Seeboden daraus erklären, dass dieser wegen der grossen Schwankungen des Wasserstandes (wahrscheinlich 6—7 m

zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande) einige Monate des Jahres hindurch trocken, der auslaugenden Wirkung des Regens ausgesetzt, gelegen haben muss. Auch könnte man sich eine Auslaugung durch das Seewasser denken. Da kam die Entdeckung¹, der Herren Lic. phil. R. SANDEGREN und Cand. phil. C. CARLZON, *dass der Ragundasee während einer früheren Epoche einen bedeutend niedrigeren Wasserstand gehabt hat*. Dies erklärt die tiefen Kalkgrenzen, die ich auf dem Seeboden gefunden habe, und ich war mir nunmehr klar darüber, dass es auf diesem nie gelingen würde, die Auslaugungsgeschwindigkeit des CaCO_3 zu bestimmen.

Glücklicherweise hat indessen die Indalsälf bei der Katastrophe 1796 viele Erosionsterrasse gebildet, von denen die bei Hammarstrand während der wenigen Tage da die Indalsälf südlich vom Prästberget einen Wasserfall bildete, bevor sie die Steinschwelle bei Hammarforsen erreichte, entstanden ist.² Taf. 3 giebt eine Ansicht von dieser Terrasse, die nur an ein paar Punkten zu Ackerbauzwecken benutzt wird. An dieser Terrasse zeigte es sich nun, dass die Auslaugung verhältnismässig sehr wenig fortgeschritten ist. Der Boden besteht hauptsächlich aus Sand, der bei der Katastrophe abgesetzt wurde. Dieser Sand enthält in einigen Gebieten CaCO_3 ; auch der Lehm, der im südlichsten Teil der Terasse auf einem Punkt den Boden bildet, und der Osgrusboden, der sich im nördlichen Teil der Terrasse findet, ist kalkhaltig.

Auf Taf. 3 sieht man die steilen Wände des postglazialen Lehms mit etwas Sand (2—3 m, von 1796) bedeckt.

Auf dieser Terrasse habe ich nun die Auslaugung studiert. Die Kalkgrenze hier verläuft im Lehm nur in etwa 18 cm Tiefe. Der Sand braust zuweilen mit HCl noch an der Oberfläche auf, aber es hat sich in diesen Fällen gezeigt, dass es immer grosse Silurkalkkörner sind, die jedes für

¹ Diese Entdeckung ist noch nicht veröffentlicht worden. Für die Erlaubnis sie hier mitzuteilen, spreche ich meinen besten Dank aus.

² AHLMANN, CARLZON, SANDEGREN, 1 p. 348.

sich aufbrausen; in den feinkörnigeren Fraktionen ist schon alles CaCO_3 ausgelaugt. Zuweilen verläuft die Kalkgrenze im Sand in 10—15 *cm* Tiefe, zuweilen noch tiefer, was wahrscheinlich von dem ursprünglichen Gehalt an CaCO_3 abhängt. Die genaue Beschreibung zweier charakteristischen Bodenprofile von der Erosionsterrasse wird im nächsten Abschnitt gegeben.

Beschreibung von Bodenprofilen.

Profil 1.

Warwenton bei der kleinen Ziegelei an der Singså (kleiner Nebenfluss der Indalsålf). Höhe über dem Meere 144 *m*, also 6 *m* über der höchsten Hochwasserlinie des Ragundasees (138.8 *m* nach AHLMANN). Fig. 3 giebt eine Vorstellung von dem Profil. Der Ton ist chemisch und mechanisch analysiert worden. (Probe 5, Tab. 4 u. 5 Seite 229, 230).

Der Warwenton ist von ganz normalem Typus, braun gefärbt, hochplastisch und zähe. Bis etwa 50 *cm* Tiefe sind die Schichten ziemlich durch Verwitterung zerstört worden, und der Ton ist hier von zahlreichen Rissen durchzogen. Bei einer Tiefe von circa 120 *cm* findet sich eine dicke, von sehr gleichförmigem, feinem Sand gebildete Schicht, deren obere Grenze horizontal, wie die übrigen Tonschichten, ist, aber die nach unten eine etwas unregelmässige Dicke besitzt. Ähnliche Schichten sind in den Warwentonen Norrlands nicht selten, nach DE GEER (9, p. 469) sind sie durch die heftige Entleerung eines abgesperrten Sees während der Abschmelzung des Eises entstanden. Hierdurch ist also eine gleichförmige Zone im Profil gebildet, wo man die Kalkauslaugung bequem studieren kann, ohne dass man ursprünglich verschiedenen CaCO_3 -Gehalt zu befürchten braucht. Wie HÖGBOM (17) gezeigt hat, ändert sich nämlich der Gehalt an CaCO_3 sehr stark von der Sommerzone an bis zur Winterzone einer Tonschicht.

Was diesem Profil, das sonst normal für die Warwenton-

böden der Ragundagegend ist, ein besonderes Interesse verleiht, ist der Umstand, dass die Kalkgrenze bei ihrem langsamen Sinken eben in diese gleichförmige Sandschicht eingedrungen ist. Die Kalkgrenze verläuft nämlich in etwa 120 cm Tiefe (nach links, Fig. 3), was ungefähr normal für die Warwentonböden in Ragunda sowie in der Gegend von Bispgärden ist. In diesem besonderen Profil bot sich nun eine gute Gelegenheit, das Verhältnis der Kalkgrenze zur Erdoberfläche zu studieren, denn der Boden war teils nahezu horizontal, teils

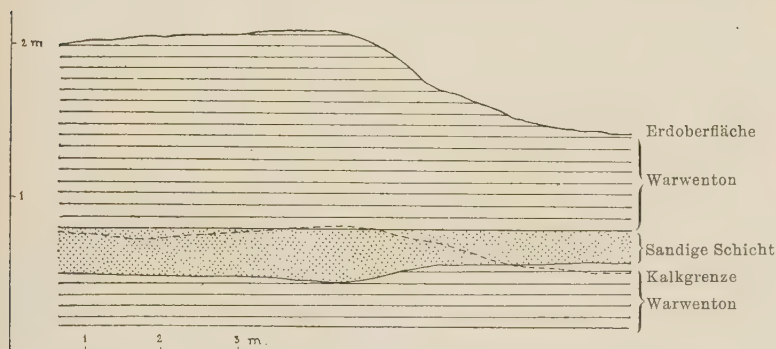


Fig. 3. Profil in frisch entblösstem Ton in einer Tongrube.

etwas gegen das kleine Tal der Singså geneigt. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, neigt sich auch die Kalkgrenze mit der Bodenoberfläche ziemlich konform. Eine Rinnenprobe aus dem feinen Sande wurde gesammelt. Die Analysen derselben (und noch einer Probe aus 35 cm Tiefe unter der Kalkgrenze) sind in Tab. 6 wiedergegeben. Die Rinne wurde mit ihrem oberen Rand an der Kalkgrenze in die Wand eingepresst; die Zahlen der Tiefe bedeuten also die Niveaus unter der Kalkgrenze.

Tab. 6.

Tiefe unterhalb des Oberrandes der Rinne.	CaCO ₃ (aus der CO ₂ - Bestimmung berechnet).
cm	%
0·0	0·33
2·5	2·06
5·0	2·47

Tiefe unterhalb des Oberrandes der Rinne.	CaCO ₃ (aus der CO ₂ - Bestimmung berechnet).
7.5	3.08
10	3.94
15	4.26
20	4.28
25	5.08
35	5.04

Die erste Zone reicht hier von der Oberfläche bis zur Kalkgrenze, also 120 cm tief. Die zweite Zone, in welcher die Auslaugung fortschreitet, ist wenig dick wegen des grossen Gehalts an CaCO₃; sie erstreckt sich nur 20 cm nach unten. Da beginnt die dritte, der Untergrund, wovon die Analysenproben in Tab. 4 u. 5 genommen sind. — Es ist zu bemerken, dass die Kalkgrenze bald in die oberen Tonschichten emporsteigt, bald in die unteren niedersinkt (vgl. Fig. 4).

Die Vegetation, die Nadelwald gewesen ist, und die Humusschicht, die wie gewöhnlich auf Warwenton wenig entwickelt ist, üben wahrscheinlich in diesem Profil wenig Einfluss aus; die Wurzeln dringen im festen Ton nicht so weit unten hervor.

Das interessanteste Resultat des Studiums dieses Profils ist dies: *trotzdem der Ton die für Wasser am wenigsten permeable Ablagerung ist, genügt nicht die ziemlich starke Neigung, um alles Regenwasser abfliessen zu lassen, sondern ein sehr bedeutender Teil desselben muss in den Boden eindringen und eine CaCO₃-auslaugung bewirken. Dass eine erhebliche Permeabilität beim Ton¹ vorhanden ist, ist ja durch die ziemlich tiefe Lage der Kalkgrenze überhaupt bewiesen; dazu zeigt Profil 1, dass die Auswaschung im geneigten Teil des Bodens nur unbedeutend kürzer als im Ebenen vorgedrungen ist.*

Profil 2.

Postglazialer Warwenlehm² am »Vikbäcken». Höhe über dem Meere 135 m (AHLMANN), also 3 m unter dem höchsten

¹ Vgl. SAHLSTRÖM, 24.

² Warwenlehm, Vgl. p. 227.

Wasserstand des Ragundasees. Der Lehm ist als Probe 7 in Tab. 4 u. 5 chemisch und mechanisch analysiert.

Dieser Boden war bei niedrigem Wasserstand trocken und ist wahrscheinlich während einer früheren Epoche völlig trocken gewesen (vgl. Seite 237). Die Kalkgrenze liegt hier in einer Tiefe von 220—230 *cm* unter der horizontalen Bodenoberfläche. Die Warven haben eine Neigung von 8° gegen die Horizontallinie und Kalkgrenze. Diese muss also eine *Auswaschungsgrenze* sein. Das Profil findet sich in einer nach der Katastrophe 1796 von dem kleinen Fluss Vikbäcken ausgegrabenen Ravine mit senkrechten Wänden. Tab. 7 giebt einige Analysen des Lehms wieder.

Tab. 7.

Tiefe unterhalb der Kalkgrenze <i>cm</i>	Ca CO ₃ (aus der CO ₂ - Bestimmung berechnet) %
3—6	1·45
8—10	2·27
100	1·95

Die letzte Probe ist Probe 6 in Tab. 4 u. 5.

Hier ist offenbar die zweite Zone noch weniger dick als bei der Sandschicht in Profil 1. Dies beruht wahrscheinlich auf der kleineren Korngrösse im Vergleich mit dem Sande. Profil 2 ist charakteristisch für den postglazialen Lehm, der einmal Seeboden im Ragundasee gewesen ist. Man findet nämlich in solche Böden meistens eine 2 bis 3 *m* tiefe Kalkgrenze. Vielleicht ist es kein Zufall, dass die Kalkgrenze in solchen Profilen auf demselben Niveau liegt wie wahrscheinlich der Niedrigwasserstand des Ragundasees, 133 *m* über dem Meere. Die Tiefe der Kalkgrenze fällt also mit der *tieftsten* Lage des Grundwasserstandes zusammen, denn dieser Boden ist sehr nahe dem Ufer des alten Sees gelegen in den Jahreszeiten, da er nicht überschwemmt gewesen ist. Wenn man von der geringen Verschiebung der Kalkgrenze seit 1796 absieht, kann man also vielleicht diese als einen »*fossilen Grundwasserstand*« betrachten. Die Vegetation spielt

in Profil 2 für die Kalkauslaugung keine Rolle; der Boden ist ein vorheriger Waldboden, auf welchen Wiesenpflanzen überzusiedeln angefangen haben.

Profil 3.

Postglazialer Warvenlehmboden auf der Erosionsterrasse zu Hammarstrand. Höhe über dem Meere 119·4 m, also 19·3 m unter dem alten Seeniveau (AHLMANN). Der Boden im Profil ist etwas geneigt und liegt neben der Steigung, welche die

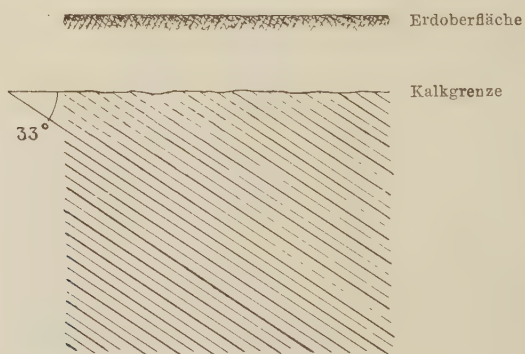


Fig. 4. Profil in Warvenlehmboden.

Terrasse begrenzt. Die Vegetation ist junger, lichter Laubwald von dem in den norrländischen Flusstälern gewöhnlichen Typus. Der Boden ist mit Gras und etwas Moos bewachsen. Der Lehm ist als Probe 6, Tab. 4 u. 5 analysiert.

In Fig. 4 ist das Profil gezeichnet. Die Lehmwarven bilden einen Winkel von 33° mit der Erdoberfläche. Oben hat man eine humose sandige Schicht von 5 bis 7 cm Mächtigkeit, darunter ist der Boden völlig humusfrei. Bei einer Tiefe von ungefähr 18 cm verläuft die Kalkgrenze als eine etwas gebrochene Linie. Die Schichten sind deutlich wahrnehmbar bis zur Kalkgrenze, darüber sind die Grenzen zwischen ihnen fast ganz verwischt. Der Lehm über diesem Niveau ist jedoch ausser betreffs des CaCO_3 -Gehalts demjenigen

unter derselben völlig gleich; mechanische Analysen (Tab. 5, Probe 6 b u. 6 a) haben dies bestätigt.

Das Profil ist im südlichsten Teil der Terrasse gelegen, wo diese immer schmaler wird, um zuletzt aufzuhören. Die Indalsälf erodiert hier jedes Jahr, wodurch im Profil immer frisches Material entblösst wird. Die Erosionsterrasse ist beinahe überall ausser an diesem Punkt von Sand bedeckt, der bei der Katastrophe 1796, als die Terrasse (vgl. Seite 237) in einigen Tagen gebildet wurde, dahingeschwemmt wurde. Dass sich hier kein Sand findet, erklärt sich daraus, dass wahrscheinlich dieser Punkt, der an der Peripherie der Terrasse liegt, am spätesten vom Fluss ausgegraben wurde. Der Wasserstand ist zu schnell gesunken, als dass irgendwie Sand hier abgelagert werden konnte. *Wir haben also eine Erdoberfläche, die durch eine Naturrevolution, wahrscheinlich in ein paar Tagen, vielleicht in wenigen Stunden, aus frischem, Warwenlehm ausgeschnitten worden ist und die ohne jede Einwirkung der Menschen 117 Jahren lang erhalten geblieben ist.* Dazu kommt, dass die Lehmschichten mit der Oberfläche einen Winkel von 33° bilden. Hier bot sich also eine vorzügliche Gelegenheit, die CaCO_3 -Auslaugung zu studieren, denn der Lehm war kalkhaltig.

Ich habe eine gut ausgeprägte Schicht herausgewählt und den CaCO_3 -Gehalt derselben durch ungefähr 50 Analysen in verschiedenen Tiefen unter der Erdoberfläche ermittelt. Zuerst wurde der mittlere Gehalt der Schichten, die der zu untersuchenden nahe lagen, bei einer Tiefe von 210 cm durch 4 Analysen ermittelt, (Tab. 1: Lehm), und diese Schichten auch einer näheren chemischen und mechanischen Untersuchung unterworfen. (Tab. 4, No. 6, Tab. 5, No. 6 a). Der mittlere Gehalt dieser Schichten stimmte gut mit demjenigen der Untersuchungsschicht überein.

Nach HÖGBOM (17) ist der CaCO_3 -Gehalt in verschiedenen Zonen einer Schicht eines Warwentones sehr verschieden; klein in der Winterzone, gross in der Sommerzone; nach LIDÉN

(20) und DE GEER (8) sind die Warwen in unsern Flusslehm auch Jahresschichten; es war daher zu erwarten, dass auch hier eine solche Verschiedenheit zwischen den Zonen einer Schicht bestand. Tatsächlich ergab auch die Analyse einer Winterzone 1.99 % CaCO_3 und die einer Sommerzone 3.36 % CaCO_3 , was eine erhebliche Fehlerquelle bei der Bestimmung der ausgelaugten Quantität CaCO_3 aufzeigt. Die eben erwähnten Analysenproben sind tief (190 *cm*) unter der Kalkgrenze entnommen und also sicher nicht ausgelaugt.

Ich habe mich daher bemüht, den *mittleren* CaCO_3 -Gehalt der ausgewählten Schicht in sorgfältig entnommenen Rinnenproben zu bestimmen. Die Rinnen wurden in die Lehmwand eingepresst, so dass ich eine Lehmsäule aus derselben Schicht von einer Länge von 150 *cm* erhielt. Dazu wurden mehrere Proben in gewöhnlicher Weise in Leinensäckchen genommen. Das Resultat der Untersuchung der Proben ist in Tab. 8 zusammengestellt.

Tab. 8.

Tiefe unterhalb der Erdoberfläche. <i>cm</i>	Ca CO_3 (aus der CO_2 - Bestimmung berechnet.) %
17	0.21
18	0.69
23	1.36
29	1.25
34	2.14
40	1.49
45	2.08
50	3.07
56	3.67
61	3.39
64	3.12
67	2.20
72	2.92
77	3.01
83	3.23
88	2.67

Tiefe unterhalb der Erdoberfläche.	CaCO_3 (aus der CO_2 - Bestimmung berechnet).
cm	%
94	3.29
130	2.86
157	2.96
185	3.01
210	3.03

Die ersten acht Zahlen sind Mittel von zwei bis drei Analysen. Ein Teil der Tab. 8 ist in Fig. 5 als Kurve I graph-

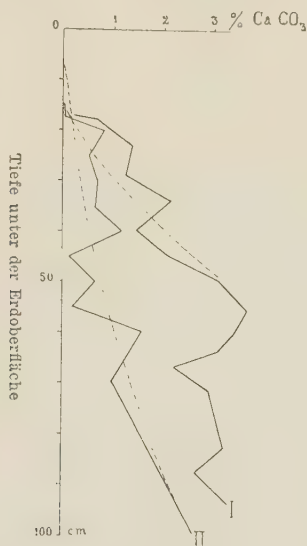


Fig. 5. Graphische Darstellung von Tab. 8 (I) und Tab. 9 (II).

hisch wiedergegeben. Es ergibt sich eine sehr gebrochene Linie. Dies beruht auf zwei Ursachen: sobald eine Wurzel die Lehmschicht durchdringt, geht das Wasser leichter hindurch, und um so mehr CaCO_3 wird ausgelaugt. Tatsächlich konnte ich in vielen Fällen nachweisen, dass, wo *Minima im CaCO_3 -Gehalt vorlagen, in der Rinne auch Reste von alten Wurzeln zu konstatieren waren*. Die zweite Ursache ist der oben gennante, variierende Gehalt an CaCO_3 in den verschiedenen Zonen ei-

ner Lehmschicht; es kommt offenbar sehr darauf an, dass man wirklich die mittlere Zusammensetzung der Schicht erhält. Bei grösseren Tiefen wird indessen, wie aus der Tabelle hervorgeht, der mittlere CaCO_3 -Gehalt nahezu konstant.

Um berechnen zu können, wie viel CaCO_3 hinweggewaschen ist, habe ich die Kurve bis 50 cm Tiefe¹ nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Man erhält dann die gestrichelte Linie, deren Gleichung, wenn der Nullpunkt bei der Tiefe der Kalkgrenze gedacht wird und die Prozentachse als Ordinatenachse, die Tiefenachse als Abszissenachse gewählt werden, folgende Form erhält:

$$y = 0.060034 x - 0.0008811 x^2$$

Die in 117 Jahren aus einer Lehmsäule von 1 cm² Querschnitt, 43 cm. Höhe und einem ursprünglichen Gehalt von 3.00 % CaCO_3 *ausgelaugte Quantität* CaCO_3 wird z genannt. Die Zahl 43 bezeichnet den Abstand von der Grenze zwischen der zweiten und dritten Auslaugungszone und der 7 cm dicken, humosen Sandschicht, also jene Tiefe, bis zu der die Auslaugung vorgedrungen ist. Das Volumgewicht des trockenen Lehm wurde zu 1.49 (Mittel von 3 Versuchen) bestimmt. Die Zahl 35 bezeichnet die Dicke der zweiten Auslaugungszone, wenn die Kalkgrenze bei 15 cm Tiefe angenommen wird. In der Natur wurde sie bei 17–18 cm gefunden, aber durch die Analysen ist ihre Lage etwas nach oben verschoben worden. Man erhält dann z aus folgender Relation:

$$z = \frac{1.49}{100} \left[43 \cdot 3.00 - \int_0^{35} (0.0600 x - 0.00088 x^2) dx \right]$$

Es ergibt sich: $z = 1.19$ g, was der in 117 Jahren aus einem cm² Boden ausgelaugten Menge CaCO_3 entspricht. In einem Jahre macht das ungefähr 0.010 g CaCO_3 pro cm².

¹ Bei 50 cm Tiefe verläuft offenbar die Grenze zwischen der zweiten und dritten Zone.

Die im Vergleich mit Profil 2 grosse Ausdehnung der zweiten Zone beruht sicher auf den Wurzelkanälen und vielleicht anderen Spalten, die durch die geringe Tiefe unter der Erdoberfläche bedingt sind.

Profil 4.

Sand, ziemlich grob. Auf der Erosionsterrasse zu Hammarstrand. Höhe über dem Meere wie Profil 3. Der Sand ist im Jahre 1796 während einigen Tagen vom nahegelegenen Os dahingeschwemmt worden und ist reich an Lehmklümpchen, die bei der Katastrophe mitgerissen wurden, aber nicht Zeit gehabt haben, zermalen zu werden. Vegetation: Kiefern, Preisselbeerkraut, Moos. Der Sand ist in Tab. 4 u. 5 als Probe 9 analysiert.

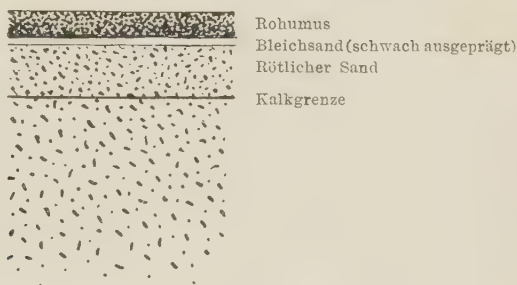


Fig. 6. Profil in Sandboden.

Das Bodenprofil ist in Fig. 6 wiedergegeben. Von oben nach unten sind die Schichten: Rohhumus 4·5—5 cm dick; Bleichsand, $\frac{1}{2}$ cm dick. Der Bleichsand ist gar nicht so ausgeprägt wie älterer Bleichsand, aber jedoch deutlich wahrnehmbar. Unter dem Bleichsand kommt eine 10 cm dicke Schicht, die rot zu werden beginnt und offenbar die in 117 Jahren vollzogene Rotsandbildung darstellt. Wo die Schicht aufhört, verläuft die Kalkgrenze. Es kommt darin eben die Tatsache zum Ausdruck, dass der Eisentransport nur in CaCO_3 -freiem Material fortschreiten kann. Unter der Kalkgrenze findet sich gleichförmiger, CaCO_3 -haltiger Sand.

Der auf der Erosionsterrasse angeschwemmte Sand ist im allgemeinen sehr ungleichförmig, denn grobkörnige und feinkörnige Lager wechseln mit einander ab. Das untersuchte Profil wurde daher sorgfältig dort herausgegraben, wo der Sand am gleichförmigsten war. Ein paar Proberinnen und einige anderen Proben wurden genommen; die Analysen gehen aus Tab. 9 hervor.

Tab. 9.

Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>cm</i>	CaCO ₃ (aus der CO ₂ - Bestimmung berechnet) %
15	0.03
17	0.05
20	0.79
25	0.53
30	0.69
35	0.64
40	1.13
45	0.14
50	0.64
55	0.21
60	1.56
65	1.27
70	1.00
80	1.56
90	2.07
100	2.61

Tab. 9 ist in Fig. 5 als Kurve II wiedergegeben. Wie bei Kurve I erhält man eine sehr gebrochene Linie, die jedoch einen mit der Tiefe deutlich wachsenden Gehalt an CaCO₃ anzeigt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass dies auf der Auslaugung des CaCO₃ in den oberen Teilen des Profils beruht. Leider wird eine Berechnung der ausgewaschenen Quantität CaCO₃ hier kaum mehr als die Grössenordnung ergeben, denn man kann ja keinesfalls behaupten, dass der Sand in jeder Tiefe denselben Gehalt an CaCO₃ gehabt hat. Im Gegenteil deutet das grosse Minimum der Kurve II bei 40—50 *cm* Tiefe auf einen ursprünglich verschiedenen Gehalt hin. Es

ist indessen interessant, dass die Unregelmässigkeiten der Kurve aufhören, sobald wir unter die Zone mit den meisten Wurzeln gekommen sind. Von 70 *cm* an nach unten verläuft die Kurve sehr stetig. Der Gehalt wird jedoch hier nicht konstant, wie in Profil 3; ich bin nicht genügend tief gedrungen, was indessen nicht so leicht war. Vielleicht können also Teile des Profils einen grösseren Gehalt als 2.61 % gehabt haben.

Ich habe indessen eine Berechnung angestellt auf dieselbe Weise wie in Profil 3, um zu sehen, ob die Grössenordnung dieselbe war. Die Berechnung ergab 2.40 g Ca CO_3 , während 117 Jahren ansgelaugt, also ungefähr 0.02 g pro Jahr und cm^2 . Die Grössenordnung scheint also ungefähr dieselbe wie in Profil 2 (0.01 g Ca CO_3 pro Jahr und cm^2 zu sein.)

Profil 5.

Flugsand, sehr feinkörnig. Terasse nahe dem Dorf Amer neben der Indalsälf. Höhe über dem Meere: 158.9 *m*. (AHLMANN), also 20 *m* über dem Niveau des Ragundasees (138.8 *m*). Vegetation: gemischter Nadelwald mit überwiegend Kiefer. Chemische und mechanische Analysen: Probe 10, Tab. 4 u. 5.

Dieser sehr feine Flugsand — man könnte beinahe Löss sagen — ist eine in den norrländischen Flusstälern häufige Ablagerung, erreicht aber selten so grosse Mächtigkeit wie hier und ist auch in anderen Hinsichten hier besonders interessant. Die Ausbreitung des Flugsandes ist in der Kartenskizze Fig. 7 angedeutet. Die grösste Mächtigkeit erreicht der Flugsand an dem steilen Abhang gegen W, wo die Indalsälf an der Terasse in einer Tiefe von cirka 30 *m* unter der Terrassenfläche vorbeifliesst. Die Indalsälf hat hier den steilen Absturz ausgeschnitten und erodiert weiter jedes Jahr beim Hochwasser. Gegen S. ist auch die Terasse durch einen steilen Abhang begrenzt; hier aber findet sich ein System

von niedrigeren Terrassen¹ zwischen der Terrasse und dem nächsten Strom, der Ammerâ (Nebenfluss der Indalsälf). Gegen N ist die Terrasse durch eine kleine Senkung, die in der Skizze nicht angedeutet ist, mit dem naheliegenden Terrain verbunden.

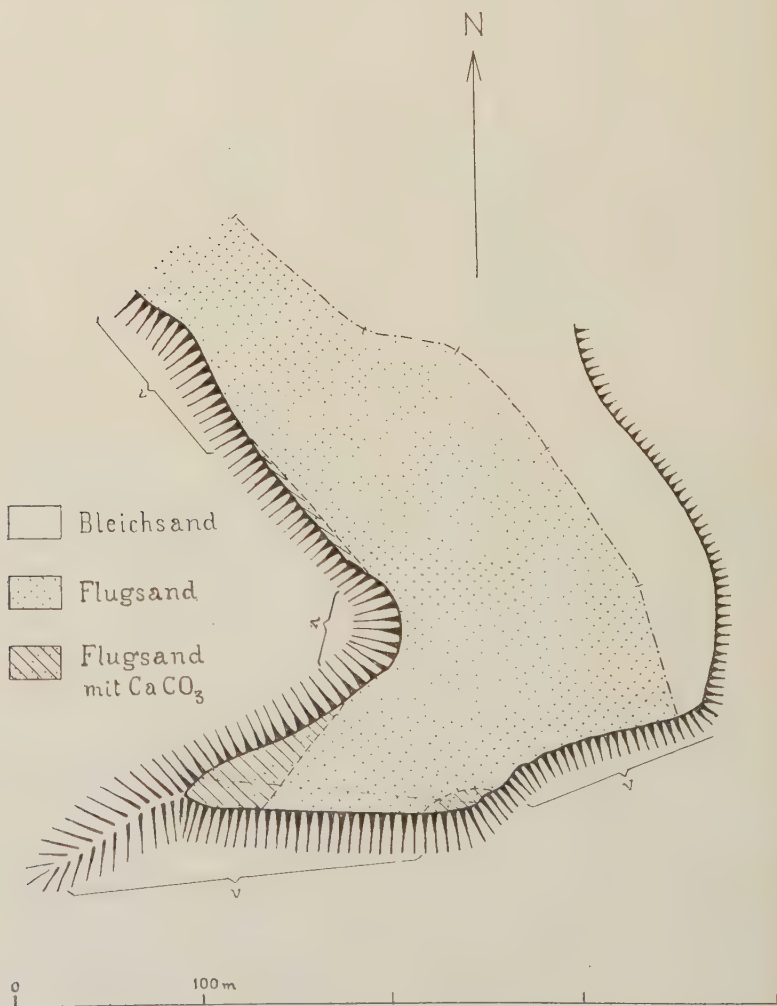


Fig. 7. Die Ausbreitung des Flugsandes auf der Terrasse zu Ammer.

¹ Diese Terrassen sind von AHLMANN, 1 p. 345 beschrieben.

Die Bildung der Flugsanddecke beruht offenbar darauf, dass hauptsächlich westliche Winde Sand von dem frisch erodierten Abhang mitgerissen haben, der dann auf dem Waldboden abgelagert wird. Wegen der Vegetation kann eine Dünenbildung nicht stattfinden, denn einmal abgelagert, kann nicht das Material von dem im Walde geschwächten Wind emporgewirbelt werden. Es entsteht darum diese gegen E. an Dicke abnehmende Flugsanddecke, deren Mächtigkeit am westlichen Rande (nach der Indalsälf zu) im allgemeinen circa 30 cm beträgt, aber bisweilen 60 cm (die Südwestspitze der Terrasse) erreicht.

Innerhalb gewisser Linien war der Flugsand CaCO_3 -haltig; diese sehr diffusen Grenzlinien wurden mit Salzsäure aufgesucht. Es zeigte sich da, dass die Gebiete, die CaCO_3 enthalten, auch die mächtigsten sind und dass diese Gebiete der Mächtigkeitsmaxima und CaCO_3 -Gehalt in bestimmter Relation zur Vegetation auf dem Abhang stehen. Einige Gebiete des Westabhanges sind mit einem 30—40 jährigen Laubwald bewachsen; hier ist offenbar in den letzten 30 bis 40 Jahren keine Erosion durch die Indalsälf vorgekommen, und kein Material ist daher vom Winde während dieser Zeit abgelagert worden. Diese Gebiete des Abhangs sind in Fig. 7 mit V bezeichnet. Der Süd-Abhang war im allgemeinen mit Mischwald bewachsen, nur ein kleines Gebiet war davon frei; dort fand sich aber auch ein kleines Maximum der Dicke mit CaCO_2 -Gehalt, wie ich es auf der Karte vermerkt habe. Auch andere Winde als Westwinde sind also bei der Flugsandbildung tätig gewesen.

Fig 8 giebt ein Bild vom Abhang gegen W. Man sieht zwei Vegetationsgebiete.

Fig. 9 und 10 illustrieren das Bodenprofil im Flugsand. Das Profil 10 ist längs der feinen Linie auf der Karte, die sich von dem westlichsten CaCO_2 -Gebiet bis zum südlichen erstreckt, aufgenommen. Unter dem Flugsand befindet sich ein altes Rohumuslager von ungefähr 2 cm Dicke, dann kommt

eine Bleichsandschicht, 4—5 cm dick, scharf ausgeprägt, und die Rotsandschicht. Der Untergrund ist grobkörniger Sand, der bis etwa 4 m Tiefe CaCO_3 -frei, dann aber ziemlich kalkreich ist.¹

Wir haben hier also einen alten, podsolierten Boden, der mit Flugsand bedeckt worden ist, einen begrabenen Boden. Es ist eine Diskontinuität in der Entwicklung des Bodens vorhan-



Photo Verf.

Fig. 8. Die von Flugsand bedeckte Terasse von W gesehen. (Zwei Vegetationsgebiete auf dem Abhang.)

den gewesen: es liegt ein normaler Waldboden vor, der plötzlich mit Flugsand bedeckt zu werden anfängt. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese Diskontinuität, auf die Katastrophe 1796 zurückzuführen ist. Vorher waren die Abhänge zur Indalsälf wahrscheinlich völlig bewachsen und übrigenfalls gar nicht so hoch wie jetzt, denn das Flussniveau war circa

¹ Nach einigen Analysen, die ich ausgeführt habe, scheint der Sand im Durchschnitt 3 % CaCO_3 zu enthalten. Diese Analysen werden in einer Arbeit von Herrn C. CARLZON publiziert.

10 m höher. Auf einer der niedrigen Terrassen, die früher unter dem Flussniveau gelegen war, findet sich jetzt eine 25 cm dicke Flugsandablagerung südlich von der Westspitze des Ausläufers der auf der Kartenskizze gezeichneten Terrasse. Dieser Flugsand ist dem auf der oberen Terrasse identisch gleich; er muss aber nach 1796 gebildet sein, und sein Materia

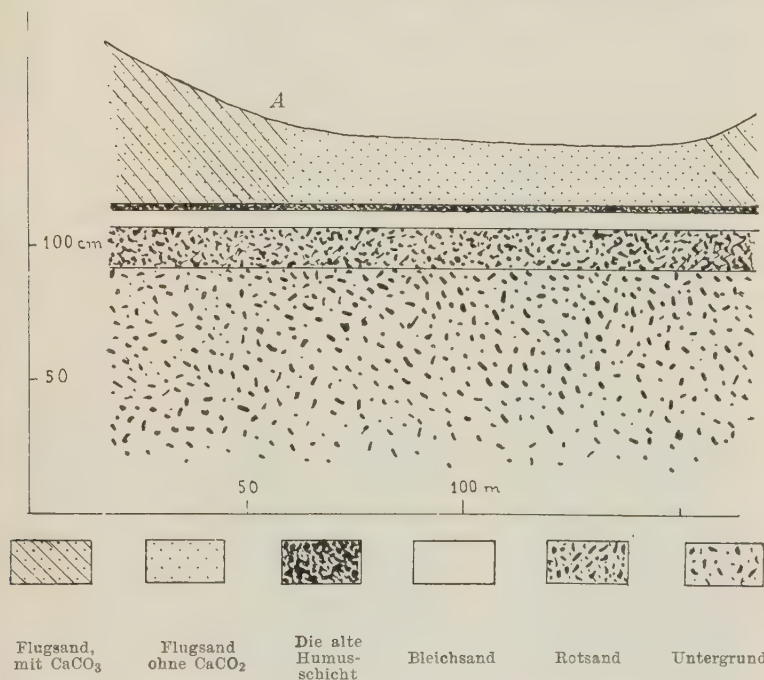


Fig. 9. Profil im Flugsandboden. Die Dicken der Schichten sind sehr schematisch gezeichnet.

ist von dem steilen Abhang der Westspitze des Ausläufers der Terrasse hergekommen. Diese Bildung scheint also mit derjenigen auf der oberen Terrasse völlig gleichzeitig und analog zu sein. Ich glaube darum behaupten zu können, dass die ganze Flugsandablagerung während der letzten 117 Jahre gebildet worden ist.

Tab. 10 enthält einige Bestimmungen des CaCO_3 -Gehalts und des Glühverlustes (abzüglich des CO_2 -Gehaltes) in ver-

schiedenen Tiefen von der Westspitze der Terasse (nicht der Ausläufer), wo die Mächtigkeit am grössten ist.

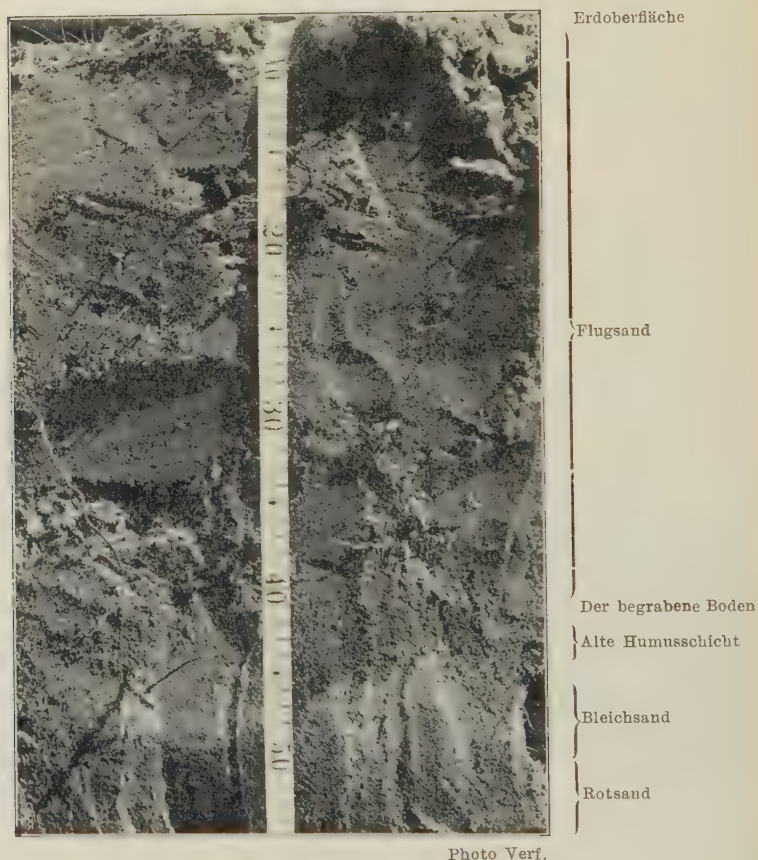


Photo Verf.

Fig. 10. Profil im Flugsandboden.

Tab. 10.

Tiefe unter der Erdoberfläche cm	Ca CO ₃ (aus den CO ₂ -Bestimmungen berechnet)	Glühverlust CO ₂ %
0—5	1.29	2.17
10	1.44	nicht best.
20	0.63	3.11
30	1.03	nicht best.
40	1.41	2.18
50	0.58	nicht best.

Es ist charakteristisch, dass der Gehalt nicht mit zunehmender Tiefe wächst. Denn hier kommt ja jedes Jahr frisches, CaCO_3 -haltiges Material und lagert sich wie eine Decke über das alte Material. Zuweilen ist der Gehalt an CaCO_3 grösser an der Oberfläche als tiefer, denn an der Oberfläche ist das Material viel kürzere Zeit der auslaugenden Wirkung des Regenwassers ausgesetzt gewesen. Tab. 11 zeigt den CaCO_3 -Gehalt zweier Profile A und B, von denen A dicht neben der Grenze des Kalkgebiets (A auf der Profilzeichnung, Fig. 9), B bei einer Mächtigkeit des Flugsandes von 35 cm liegt.

Tab. 11.

A.		B.	
Tiefe unter der Erdoberfläche	CaCO_3	Tiefe unter der Erdoberfläche	CaCO_3
cm	%	cm	%
5	0.29	0—10	0.46
15	0.16	10—20	0.93
25	0.16	30	0.15

Der Flugsand ist durchweg etwas humushaltig, was durch die Glühverlustbestimmungen in Tab. 10 angedeutet wird. Dies ist ja ganz natürlich, denn der Flugsand lagert sich auf einen lebendigen Boden ab. Darum ist auch der Flugsand von Wurzeln durchwoben, und hier konnten wie in früher beschriebenen Bodenprofilen Minima des CaCO_3 -Gehaltes bei Wurzeln konstatiert werden. Ein Beispiel bietet die Probe aus 20 cm Tiefe, Tab. 10, wo der CaCO_3 -Gehalt, der sonst etwa 1.40 % ist, auf 0.63 % hinabsinkt. Wo der Flugsand dünner und CaCO_3 -frei wird, legt sich eine gewöhnliche Rohhumusdecke obendrauf. Der jedes Jahr sich ablagernde Sand dringt wahrscheinlich mit dem Regen durch die Humusdecke hindurch. Nahe der Grenze des Flugsands, wo dieser sehr langsam wächst, haben sich sogar Andeutungen zu einer ausgebleichten Schicht unter dem Humus gebildet.

Betrachten wir die Verhältnisse zwischen den Grenzen der Kalkgebiete im Profil, Fig. 9. Hier wird offenbar gleich viel CaCO_3 jedes Jahr ausgelaugt wie abgelagert. Der

CaCO_3 -Gehalt des Materials ist wahrscheinlich gleich gross gewesen wie der grösste (von der Auslaugung am wenigsten beeinflussten) in Tab. 10, also etwa 1.40 %. Die Mächtigkeit hier ist 30 cm, das Volumgewicht des Flugsandes 1.47. In einem Jahr ist also im Mittel $\frac{30 \cdot 1.47}{117}$ g Flugsand pro cm^2 abgelagert worden mit einem Gehalt an CaCO_3 von $\frac{30 \cdot 1.47}{117} \cdot 0.014 = 0.0053$ g. *Diese Zahl stellt also den Wert der im Mittel hier jährlich ausgewaschenen Quantität CaCO_3 pro cm^2 dar.*

Direkt vergleichbar mit der in Profil 3 erhaltenen Zahl für die dort jährlich ausgelaugte Quantität CaCO_3 ist die soeben berechnete Zahl indessen nicht, denn es ist ja nicht sicher, dass hier das herunterickernde Wasser mit $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ gesättigt worden ist. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass dies nicht der Fall wird. Die in Profil 3 erhaltene Zahl 0.01 ist etwa doppelt so gross wie die hier berechnete (0.0053). Jedenfalls stimmt aber die Grössenordnung.

Es ist klar, dass die eben beschriebene Flugsandablagerung nicht ohne Einfluss auf die Vegetation geblieben ist. Als ich die Grenzen der Kalkgebieten mit Salzsäure aufgesucht hatte, fiel mir auch das verschiedene Aussehen der Vegetation ins Auge. Auf den CaCO_3 -Gebieten ist das Moos und das Preiselbeerkraut verschwunden und durch spärliches Gras ersetzt. Mein Besuch fand in Oktober statt; zu einer anderen Jahreszeit würde ich vielleicht hier eine reichere Vegetation gefunden haben. Vom forstlichen Gesichtspunkt aus wäre es natürlich von grösstem Interesse, den Zuwachs der Bäume auf den »kalkgedüngten« Flächen zu studieren und mit demjenigen auf den nicht gedüngten zu vergleichen. Indessen muss man dabei auch anderen Faktoren, wie verschiedener Besonnung etc. Rechnung tragen, welche Faktoren auch sicher die Untervegetation beeinflusst haben.

Profil 6.

Warvenlehm auf einer Terrasse an der Indalsälf zwischen Ammer und Krokavåg. Höhe über dem höchsten Wasserstand des Ragundasees ungefähr 10 m. Vegetation: teils Nadelwald mit Moos und Preisselbeerkraut, teils Acker. Der Fluss erodiert jedes Jahr¹, so dass das Material frisch entblösst sein ist.

Der Boden ist sowohl im Wald wie im Acker kräftig podsolisiert: 5 cm Bleicherde, 20–30 cm Roterde. Der Ackerboden ist sicher vorher Waldboden gewesen und ist nicht so tief gepflügt, dass die Bleicherdeschicht zerstört worden wäre. Die Humusschicht ist mit Flugstaub von der Lehmwand her gemengt und daher 15–20 cm dick.

Dieses Profil zeigt eine Kalkauslaugung, die vom Grundwasserstand unbehindert einen grossen Teil der Postglazialzeit hindurch fortgegangen ist. Die Auslaugung hat mit dem Emporsteigen des Bodens über das Meeresniveau angefangen und ist bis zu 7.80 m Tiefe gedrunken. Der Grundwasserstand muss hier während der letzten Jahrtausende sehr niedrig im Verhältnis zu der Kalkgrenze gewesen sein, denn das Profil liegt neben dem Fluss, der immer in bedeutender Tiefe unter der Terrassenfläche vorbeigeflossen ist.

Die Kalkgrenze verläuft nach mehreren Messungen in 7.8 m Tiefe und scheint eine Auswaschungsgrenze zu sein. Wenn man annimmt, dass der Boden ungefähr 6000 Jahre lang über dem Meeresniveau gelegen hat, was nach DE GEERS, LIDÉNS und CARLZONS chronologischen Untersuchungen wahrscheinlich ist, und dass der Lehm anfangs 3 % CaCO_3 enthalten hat²,

¹ Nach AHLMANN erodiert die Indalsälf hier kolossal kräftig, wodurch besonders nach 1897 die Uferlinie eine erhebliche Strecke verschoben ist. Hierdurch sind etwaige abnormen Verhältnisse im Boden wegen der Nähe des Erosionsabhangs ganz ausgeschlossen während jedoch der Grundwasserstand durch die Nähe des Flusses niedrig gewesen sein muss.

² Da der Lehm hier ziemlich dicke Warven (Jahresschichten) hat, ist es wahrscheinlich, dass er einen erheblichen Kalkgehalt gehabt hat. Nach einigen Analysen, die ich ausgeführt habe, scheint 3 % CaCO_3 ein wahrscheinlicher Wert zu sein. Diese Analysen werden später von C. CARLZON publiziert.

so berechnet sich *die jährlich im Durchschnitt ausgelaugte Quantität CaCO_3 pro cm^2 zu 0.006 g.* Dabei ist nicht den trocknen und feuchten Klimaperioden der Postglazialzeit Rechnung getragen und auch andere Fehlerquellen sind sehr gross. Es ist jedoch nicht unwahrscheinlich dass die ausgelaugte Quantität CaCO_3 pro Jahr und cm^2 von derselben Grössenordnung wie in Profil 3 und 5 ist.

Die Untersuchung von Profil 6 ist in vielen Hinsichten nur präliminär. So habe ich dort nicht die zweite Auslaugungszone studiert, die jedenfalls (vgl. Profil 2) sehr klein sein muss. Durch fortgesetzte Arbeit hier hoffe ich noch viele Fakta zutage zu fördern, besonders durch Kombination von Analysen mit DE GEERS Methoden zur Konnektierung verschiedener Schichtserien.

In Lehmprofilen über dem alten See ist sicher die Lage der Kalkgrenze in den meisten Fällen vom Grundwasserstand beeinflusst, und man kann daher regelmässige Verhältnisse bei ihnen nicht erwarten.

Die Kalkauslaugung im Vergleich mit der Niederschlagsmenge.

Es ist klar, dass das Grundwasser in einer kalkreichen Ablagerung an $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ gesättigt wird. Es wäre von Interesse, diese Sättigungskonzentration zu kennen und dieselbe mit der jährlich ausgelaugte Quantität CaCO_3 und der Niederschlagsmenge zu vergleichen. Leider liegen mir keine Grundwasseranalysen aus Norrland vor, aber für Schonen ist nach RICHERT (23, p. 31) die Härte des Grundwassers in den kalkreichen Sandlagern in der Regel 20° , was 20 Teilen Kalk auf 100000 Teile Wasser entspricht. Das macht ungefähr 3.6 Teile CaCO_3 pro 10000 Teile Wasser aus. Wir können nun berechnen, wie viel Regenwasser pro cm^2 den Boden in Profil 3, wo die ausgelaugte Quantität CaCO_3 0.010 g. pro Jahr und cm^2 beträgt, durchsickern muss, damit das Grundwasser die

Konzentration von 3.6 Teilen CaCO_3 pro 10000 Teile Wasser erreicht. Man erhält dann 286 mm Regenwasser. Der jährliche Niederschlag in Bispgården, etwa 20 km von Hammarstrand, ist 400 mm (Mittel von 7 Jahren). In Bispgården werden seit einigen Jahren genaue Messungen der Niederschlagsmengen vorgenommen. Der Unterschied, also 114 mm entspricht vielleicht der Verdunstung, für die aus anderen Gründen ungefähr diese Grösse angenommen werden darf.¹

Die Auslaugung des CaCO_3 im Boden ist also eine sehr bedeutende und kann wahrscheinlich durch die Sättigungskonzentration des Grundwassers und die durchsickernde Quantität Wasser annähernd für die meisten sehr humiden Böden bestimmt werden. Die Auslaugung in einem Lehm Boden von denselben Eigenschaften wie Profil 3 beträgt 0.010 g pro Jahr und cm^2 , also 100 Tonnen pro Jahr und □-km. Eine Düngung des Bodens mit Kalk, z. B. bei der Verjüngung des Waldes, würde in diesem humiden Klima bald ohne Wirkung sein (vgl. Profil 5). — Die bedeutende Grösse der Auslaugungsgeschwindigkeit und der hohe Gehalt des Grundwassers deuten auf einen hohen Druck der Kohlensäure in der Bodenluft hin (vgl. Schloessing, 25).

In England hat PRESTWICH (22, p. LXVII) aus Analysen des Wassers von der Thames die jährlich ausgelaugte Quantität CaCO_3 pro englische -Meile in einem Kalkgebiet, zu 140 Tonnen berechnet. Das macht pro □-km ungefähr 60 Tonnen, ein Wert also, das von derselben Grössenordnung wie die von mir gefundene Quantität (53 bis 100 Tonnen) ist.

¹ Nach WALLÉN beträgt z. B. für das Drainierungsgebiet der Dalälff (WALLÉN 32 p. 49) die Verdunstung 27 % des Niederschlages. Für das Gebiet der Indalsälff ist im grossen und ganzen freilich diese Zahl grösser; das beruht aber auf den vielen Mooren, wohin das Wasser fliesst um dort zu verdunsten. Bei einem trockenen Boden muss hier wegen des kühleren Klimas weniger verdunsten als bei der Dalälff. Wahrscheinlich geht fast alles, was nicht verdunstet, in den Boden als Sickerwasser hinein; selbst im Winter werden in wärmeren Tagen erhebliche Mengen von Schmelzwasser von dem Boden aufgenommen. (Vgl. HESSELMAN, 12, p. 39.)

Sammanfattning.

Förf. har först gjort en kritisk granskning af några metoder att bestämma kalciumkarbonat i marken. Resultatet af denna pröfning (Tab. 1 och 4) var, att för kolsyrebestämningen är VESTERBERGS titrimetriska metod under alla förhållanden att rekommendera, äfven när kalciumkarbonatet förekommer som 2 mm. stora ortocerkalkkorn. — Genom extraktion med ättiksyra vid användande af apparaten fig. 1 kan kalciumkarbonatet noggrannt bestämmas hos alla ej MgCO_3 -haltiga jordslag i enlighet med hvad VESTERBERG och MAUZELIUS förut visat ifråga om leror. Värdena på differensen mellan de beräknade och de funna kolsyremängderna, äfvensom de ringa kolsyremängderna i utlakningsresterna visa, att metoden är fullt användbar; likaledes illustreras detta af den ringa mängden kiselsyra, som vid försöken gick i lösning.

Mekaniska analyser af samma prof utfördes enligt BEAM-ATTERBERGS principer med en apparat (fig. 2), som af förf. försetts med en praktisk anordning för vattnets aftappande.

Analyserna i Tab. 4 gifva en öfversikt af kalcium- magnesium- och järnkarbonathalten i de mest olika aflagringar från Ragundatrakten, såväl kalkrika leror som kalkfattig sand etc. De visa alla, att magnesiumkarbonat i förhållande till kalciumkarbonat endast uppträder som förorening. I ännu högre grad gäller detta om järnkarbonat, och *man kan alltså anse kolsyrebestämningen som ett tillräckligt noggrannt uttryck för CaCO_3 -halten.* Järnkarbonat har endast i ett fall verkligen kunnat konstateras nämligen i en gråsvart, hvarvig lera. Fakta tyda på, att orsaken till att leran ibland är brun just är, att denna ferrokarbonathalt oxiderats.

Uttvättningen i marken af kalciumkarbonat torde mest bero på mängden nedsipprande vatten och bör därför vara tämligen konstant för likartade marktyper i samma klimat. Man kan indela en markprofil i 3 zoner, *den öfre* där allt CaCO_3 uttvättats, *den mellersta*, i hvilken uttvättning i alla delar sker

och en undre, af uttvättningen orörd. I en finkornig kalkrik aflagring bör den mellersta zonen hafva liten utsträckning, i en grofkornig och kalkfattig stor. Alla öfvergångar kunna naturligtvis tänkas, men kalkgränsens (= gränsen mellan första och andra zonen) läge, som ju är lätt att bestämma, är icke alltid ett direkt uttryck för hur långt uttvättningen hunnit.

De geologiska förhållandena i Ragundatrakten möjliggöra en bestämning af markprocessernas hastighet. Man har nämligen den år 1796 torrlagda botten af den gamla Ragundasjön, på hvilken man kan studera markens utveckling under en viss känd tidrymd. Vad kalkuttvättningen beträffar, kan man dock ej på grund av flera orsaker bestämma hastigheten på sjöbotten. Emellertid finnes det år 1796 utgrädda erosionsterasser, och på dessa lyckas det bättre. Dessa äro ofta betäckta med sand, som ditsvämmats vid katastrofen och som ibland är kalkhaltig. På vissa punkter af erosionsterrassen vid Hammarstrand går äfven mjäla i dagen.

Profil 1.

Denna profil visar uttvättningen i ett visst stadium i hvarvig lera. Leran (Tegelbruket vid Singsån) är styf och tät med ungefär 5 % CaCO_3 -halt. Kalkgränsen har just hunnit till ett issjötappningshvarf och går än i dettas hängande, än i dess liggande, *hvarvid den ganska väl följer den sluttande markytan.*

Profil 2.

Profil 2 är en mjälprofil helt nära den gamla sjöns strandlinje. Kalkgränsen går på 230 cm djup och skär öfver hvarfven, som ha 8' stupning. Profilen är en typ för mjäla inom den gamla sjöns område. Kalkgränsen sammanfaller ungefär med sjöns lågvattenstånd, hvilket möjligen tyder på, att den markerar grundvattnets lägsta stånd, ty vid lågvatten har markytan legat torr. *Kalkuttvättningen kan ju ej gärna fortgå regelrätt längre än till grundvattennivån.*

Profil 3.

På erosionsterassen vid Hammarstrand. Denna profil (fig. 4) återger en markyta, som genom erosion år 1796 blifvit afskuren tvärs öfver de 33° stupande hvarfven. Kalkgränsen går på cirka 18 cm. djup, också öfvertvärande hvarfven. Genom att försöka bestämma medelsammansättningen i ett hvarf vid olika djup under markytan, har ett uttryck erhållits för den uttvättade kvantiteten Ca CO_3 på 117 år pro cm^2 . Härvid har upprättats ett grafiskt diagram, fig. 5, i hvilket kalkhalten afsatts utefter den horisontala axeln, djupet utefter den vertikala. En bruten linje erhöles, hvarvid det visade sig att minimipunkterna ofta berodde på befintligheten af rotkanaler. För den *uttvättade kvantiteten CaCO_3 per år och cm^2* beräknades värdet 0.010 g., hvilket motsvarar 100 ton per år och km^2 .

Profil 4.

På erosionsterrassen vid Hammarstrand. Aflagringen är år 1796 ditsvämmad sand, som på denna punkt är kalkhaltig. Profilen (fig. 6) visar såväl bleksandsbildningen som kalkuttvättningsens utveckling sedan år 1796. Särskilt frapperar, att kalkgränsen just går i rödsandens liggande, samt kalkhaltens oregelbundenhet inom den zon, där de mesta rötterna gå. Nedanför denna zon blir kurvan (II fig. 5) mycket regelbunden. En approximativ uppskattning af den sedan år 1796 uttvättade kalkkvantiteten ger vid handen, att hastighetens storleksordning synes vara densamma som i föregående profil.

Profil 5.

Finkornig flygsand nära byn Ammer. Flygsandens utbredning är utlagd på kartskissen fig. 8 äfvensom de områden, inom hvilka den är kalkhaltig. Dessa områden voro också *mäktighetsmaxima* hos den såsom ett täcke sig utbreddande flygsanden. Dessa områden ligga regelbundet intill

sådana områden af den terrassen begränsande branten ned mot Indalsälven (och Ammerån), där vegetation saknas. Det är tydligt, att utom i dessa områden det tillförda kalkciumkarbonatet blifvit uttvättadt. Markprofilen gaf vid handen, att en förut typisk podsolerad skogsmark blifvit öfvertäckt med flygsand, så att en så kallad *begräfvnen mark* uppstått. Den tidpunkt, då detta börjat, kan utan svårighet parallelliseras med katastrofen år 1796; hela den äoliska aflagringens ålder är således 117 år.

Vid gränsen mellan kalkområdena borttvättas tydligen lika mycket kalk som tillföres; om materialets kalkhalt är densamma som i det närbelägna mäktighetsmaximum, hvilket är troligt, beräknas *den årligen uttvättade kvantiteten till 0.0053 g. per cm².* — Flygsanden har verkat som kalkgödning på skogen, som är en tallrik blandskog, och framkallat en helt annan undervegetation inom kalkområdena än utanför desamma.

Profil 6.

Hvarfvig mjåla å terass nära Krokväg. Kalkuttvättningen har här kunnat obehindrat af grundvattenståndet fortskrida under en större del af postglacialsiden. Kalkgränsen ligger på 7.8 m djup och marken har sannolikt legat 6 000 år öfver hafvets yta. Här af kan approximativt uppskattas en årlig uttvättad kvantitet CaCO_3 af 0.006 gr per cm^2 .

Enligt RICHERT har grundvattnet i Skanes kalkhaltiga sandlager en koncentration af 3.6 delar CaCO_3 på 10 000 delar vatten. För att uppnå denna mättningskoncentration måste antagas, att 286 mm af den till 400 mm uppgående årliga nederbörden i profil 3 genomsipprar marken, hvilket äfven af andra skäl kan antagas vara sannolikt.

Undersökningens hufvudresultat är påvisandet af den mycket stora intensitet (100 ton per år -km ungefär), hvarmed kalkciumkarbonatet kan urlakas ur marken under de klimatiska förhållanden, som råda i mellersta Norrlands skogstrakter.

Såsom följd af de vunna resultaten synas vidare framgå en möjlighet att bestämma den i marken nedträngande delen af nederbörden. I ett mindre nederbördsområde, där marken vore likartad och öfverallt kalkhaltig skulle genom systematiska undersökningar grundvattnets genomsnittskoncentration af löst kalk kunna bestämmas. Likaledes kunde kalkhalten och vattenmängden i den området dränerande floden bestämmas. Med kännedom om dessa fakta samt under förutsättning att ingen kalk utskiljes i floden, hvilket lätt nog kunde kontrolleras, kunde ju beräknas hur stor procent af flodens vatten som utgjorts af grundvatten och således passerat marken. Med kännedom om vattenområdets och nederbördens storlek kunde sedan ett uttryck erhållas för den på markytan afrinnande delen af nederbörden såväl som för den som grundvatten afrinnande delen och den afdunstande delen.

Stockholms Högskolas geol. inst. Mars 1914.

Litteratur.

1. AHLMANN, CARLZON, SANDEGREN, The Quaternary history of the Ragunda region, Jämtland. G. F. F. Bd 34 p. 343—364 (1912).
2. ATTERBERG, A. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Intern. Mitt. für Bodenkunde. II p. 312—342, (1912).
3. — — Mekaniska jordanalysen och klassifikationerna av de svenska mineraljordslagen. Kungl. Lantbr. akad. Handl. och Tidskr. 1912 p. 438—463.
4. CARLZON C. Några iakttagelser angående isdelaren i Jämtland. G. F. F. Bd. 31, p. 209—224 (1909).
5. — — Inlandsisens recession mellan Bispgården och Stugun i Indalsälvens dalgång i Jämtland. G. F. F. Bd. 35, p. 311—328, 343—360 (1913).
6. DE GEER, G. Om isdelarens läge under Skandinaviens bägge nedisningar. S. G. U. ser. C. n:o 101 (1889).
7. — — Geochronology of the last 12,000 years. Compt. rend. du XI Congrès géologique international 1910 p. 241—253.
8. — — Geochronologie der letzten 12000 Jahren. Geol. Rundschau, Bd 3: 7, p. 457—471 (1912).
9. — — Om den senkvartära tidens indelning, G. F. F. 33, p. 463—470 (1911).
10. FEGRÆUS, T. De lösa jordaflagringsarna i några af Norrlands älfdalar. S. G. U. ser. C. n:o 114 (1890).
11. FRÖDIN, G. Isafsmältningen inom nordvästra Jämtland. G. F. F. Bd. 36 p. 131—156 (1914).
12. HESSELMAN, H. Berättelse öfver den bot. afd. verksamhet 1906—1908. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt 6, p. 27—52 (1909).
13. HÖGBOM, A. G. Norrland (Upsala 1906).
14. — — Fennoskandia. Handbuch der regionalen Geologie IV: 3. (1913).
15. — — Glaciala och petrografiska iakttagelser i Jämtlands län. S. G. U. ser. C. n:o 70 (1885).
16. — — Praktiskt geologiska undersökningar i Jämtlands län. S. G. U. ser. C n:o 140 (1894).
17. — — Om relation mellan kalcium- och magnesiumkarbonat i de kvartära aflagringsarna. G. F. F. Bd. 11, p. 263—273 (1889).

18. HÖGBOM, A. G. Om Ragundadalens geologi. S. G. U. ser. C. n:o 182 (1899).
19. KOSSOWITSCH, P. Vgl. Geol. Centralbl. 2, Art. n:o 2039 p. 680, (1902).
20. LIDÉN, R. Om isavsmältningen och den postglaciala landhöjningen i Ångermanland. G. F. F. Bd. 33. p. 271—280. (1911).
21. — — Geokronologiska studier öfver det finiglaciala skedet i Ångermanland. S. G. U. ser. Ca n:o 9 (1913).
22. PRESTWICH, J. Anniversary add. of the president, Q. J. of Geol. Soc. XXVIII p. XXIX—XC (1872).
23. RICHERT, J. G. Om Sveriges grundvattenförhållanden (1911).
24. SAHLSTRÖM, K. E. Några försök angående jordarternas permeabilitet i naturen. S. G. U. ser. C. n:o 245 (1913).
25. SCHLÖSING, TH. Compt. rend. 74, p. 1552—1556, (1872).
26. TAMM, O. Markvittringen i Ragundatrakten. G. F. F. 35 p. 197—207 (1913).
27. VESTERBERG, A. Über einige Analysenmethoden für Bodenuntersuchungen. Verhandl. der II. intern. Agrogeologenkonferenz 1910 p. 125—141.
28. — — Über eine titrimetrische Bestimmungsmethode für Kohlensäure. Zeitschr. für physik. Chemie 70, p. 551—568 (1909).
29. — — Bestämning af kolsyra genom titrering. Svensk kem. tidskr. XXII. p. 82—88 (1910).
30. VESTERBERG, A. och MAUZELIUS, R. Försök öfver bestämning af kolsyrad kalk och kolsyrad magnesia i jord. Redogörelse för verksamheten vid Ultuna landbruksinst. (1894.)
31. VESTERBERG, A. Chemische studien über Dolomit und Magnesit. Bull. of the geol. inst. of the university of Upsala V, p. 97—131 (1900—01).
32. WALLÉN, A. Régime hydrologique du Dalälff. Bull. of the geol. inst. of the Universität of Upsala, VIII, p. 1—72 (1906—07).

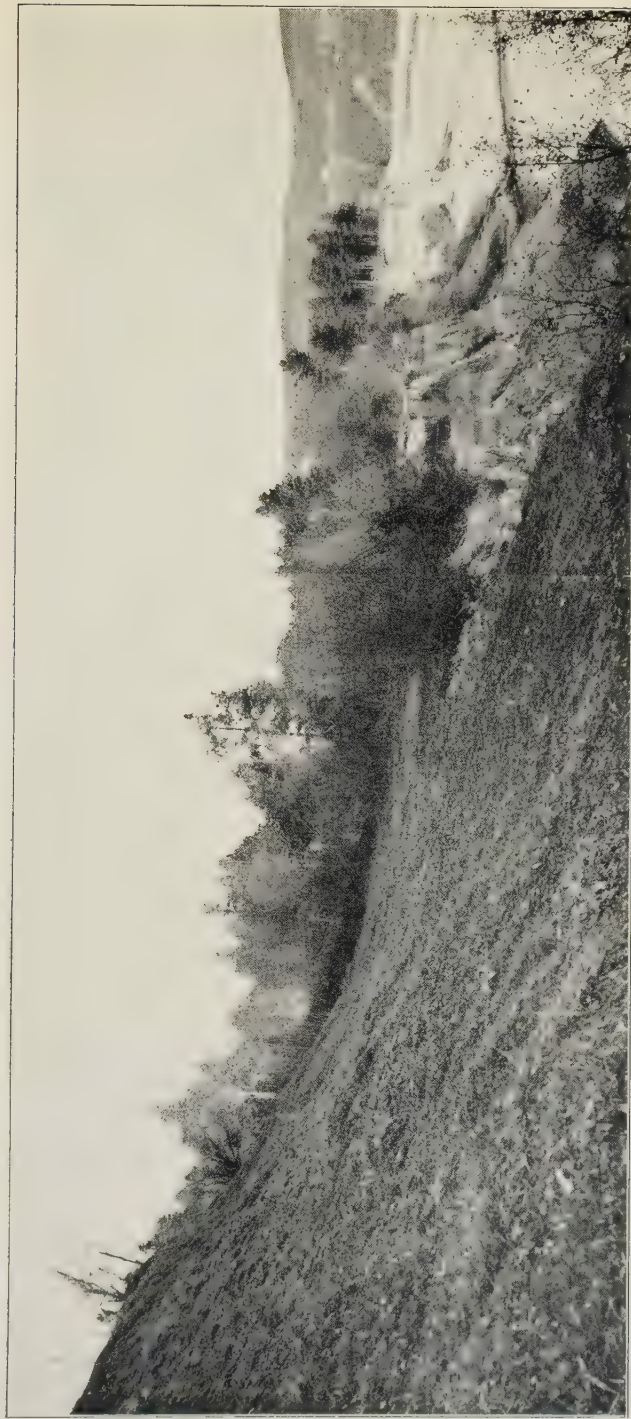


Photo Verf.

Die Erosionsterrasse zu Hammarstrand. (Von S gesehen.) Sand, bei der Katastrophe abgelagert, bedeckt den Lehm diskordant.

Neuere Erfahrungen von dem Vorkommen fossiler Glacialpflanzen und einige darauf besonders für Mittelddeutschland basierte Schlussfolgerungen.

Von

A. G. NATHORST.

In seiner berühmten Abhandlung über den Zusammenhang zwischen der gegenwärtigen Fauna und Flora der Britischen Inseln und den geologischen Veränderungen, welche die Oberfläche derselben erlitten hat, sprach EDW. FORBES (1846) u. a. folgende Meinung aus: Die Alpen-Floren Europa's und Asien's sind — so weit sie mit der Flora der arktischen und subarktischen Zone der alten Welt identisch sind — Bruchstücke einer Flora, welche sich von Norden her ausbreitete. Und ferner heisst es: »Der Schluss der Eiszeit wurde in Europa bezeichnet durch ein Zurücktreten einer arktischen Fauna und Flora nach Norden.«

DARWIN schloss sich dieser Ansicht an und äusserte sich darüber in seiner Arbeit über die Entstehung der Arten (deutsche Ausgabe 1860): »Der frühere Einfluss des Eis-Klima's auf die Verteilung der Bewohner Europa's, wie ihn EDW. FORBES so klar dargestellt, ist im Wesentlichen folgender. Doch wir werden die Veränderungen rascher verfolgen können, wenn wir annehmen, eine neue Eiszeit rücke langsam an und verlaufe dann und verschwinde so, wie es früher geschehen ist. In dem Grade wie bei zunehmender Kälte jede weiter südlich gelegene Zone der Reihe nach für arktische Wesen geeigneter wird und ihren bisherigen Bewohnern nicht mehr zusagen kann, werden arktische Ansiedler die Stelle der bisherigen

einnehmen. Zur gleichen Zeit werden auch ihrerseits diese Bewohner der gemässigten Gegenden südwärts wandern, wenn ihnen der Weg nicht versperrt ist, in welchem Falle sie zu Grunde gehen müssten. Die Berge werden sich mit Schnee und Eis bedecken, und die früheren Alpen-Bewohner werden in die Ebene herabsteigen. Erreicht mit der Zeit die Kälte ihr Maximum, so bedeckt eine einförmige arktische Flora und Fauna den mittleren Teil Europa's bis im Süden der Alpen und Pyrenäen und bis nach Spanien hinein. Es wird dann auf ähnliche Vorgänge in Nordamerika hingewiesen, worauf er fortfährt: »Wenn nun die Wärme zurückkehrt, so ziehen sich die arktischen Formen wieder nach Norden zurück und die Bewohner der gemässigten Gegenden rücken ihnen unmittelbar nach. Wenn der Schnee am Fusse der Gebirge schmilzt, werden die arktischen Formen von dem entblösten und aufgetauten Boden Besitz nehmen: sie werden immer höher und höher hinansteigen, wie die Wärme zunimmt und ihre Brüder in der Ebene den Rückzug nach Norden hin fortsetzen. Ist daher die Wärme vollständig wieder hergestellt, so werden die nämlichen arktischen Arten, welche bisher in Masse beisammen in den Tiefländern der alten und der neuen Welt gelebt, nur noch auf abgesonderten Berghöhen und in den arktischen Zonen beider Hemisphären übrig sein.»

J. D. HOOKER schloss sich (1860) den Ansichten DARWIN's vollständig an und hebt (l. c., p. 253 Fussnote) als Begründer der betreffenden Hypothese ausdrücklich EDWARD FORBES hervor: »This theory of a southern migration of northern types being due to the cold epochs preceding and during the glacial, originated, I believe, with the late EDWARD FORBES.»

Andere Forscher sprachen ähnliche Ansichten aus. In seiner Eröffnungsrede bei der 48. Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Zürich den 22. Aug. 1864 lenkte OSWALD HEER die Aufmerksamkeit auf die Colonien von Gebirgs- und selbst Alpenpflanzen auf den Hügelketten des Tieflandes weit von Gebirgsflüssen und von den Alpen

entfernt. Sie erscheinen da wie verlorene, von lauter Ebenenbewohnern umringte Kinder der Alpen.» Auch auf Torfmooren fanden sich ähnliche Kolonien. HEER erklärte, dass dieselben, aller Wahrscheinlichkeit nach als Relikte der Gletscherzeit, während der eine alpine Naturwelt über das Tiefland verbreitet war, zu betrachten seien, die beim Rückzug der Gletscher hinterlassen worden waren. »Zur diluvialen Zeit fand die Verbreitung der skandinavischen Gesteine über Norddeutschland statt, und mit diesen ungeheuren nordischen Stein- und Schuttmassen, welche in Deutschland abgelagert wurden, wurde auch der Pflanzenwelt der Weg in die weiter südlich liegenden Länder eröffnet.» »Durch diese skandinavische Flora erhalten wir einen beträchtlichen Stock von alpinen Typen unseres Landes; jedoch bilden sie immerhin nur gegen die Hälfte der Alpenpflanzen.» HEER behandelt dieselbe Frage auch in seiner *Urwelt der Schweiz* (1:ste Auflage 1865). »Dahins [zur Zeit der grössten Gletscherausdehnung] wurden alpine Pflanzen wahrscheinlich nicht nur über unser Tiefland, sondern auch über Deutschland verbreitet.»

F. ARESCHOUG hatte schon früher als HEER, und zwar in einem Vortrag vor der Physiographischen Gesellschaft (Fysio-grafiska Sällskapet) zu Lund am 11. März. 1863 ähnliche Ansichten ausgesprochen, wenngleich seine Arbeit erst später (1867) veröffentlicht wurde. Er deutete nämlich eine Zahl arktischer Pflanzenarten, die ganz isoliert ausserhalb (d. h. südlich) ihres eigentlichen Verbreitungsgebiets sowohl in Skandinavien wie in Norddeutschland vorkommen, als »Nachtruppen« (oder, wie wir uns jetzt ausdrücken, als Relikte) der arktischen Vegetation, die ehemals — sobald das Inlandeis sich zurückgezogen hatte und der blossgelegte Boden für Pflanzenwuchs wieder zugänglich geworden war — über Skandinavien und einen grossen Teil Europas verbreitet war. »Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Vegetation während der Eiszeit einen ganz anderen Charakter als jetzt gehabt haben muss; dass die arktische Flora, sobald eine höhere Vegetation daselbst möglich

wurde, über das ganze Gebiet, das das Eis früher bedeckt hatte, verbreitet gewesen war, und dass die südlicheren Pflanzenformen, die jetzt in Skandinavien gedeihen, nicht neben dieser arktischen Flora und unter den meteorologischen Verhältnissen, die die Entstehung der Gletscher hervorgerufen und gefördert hatten, hätten existieren können.»

FORBES, DARWIN, HOOKER, HEER, ARESCHOUG waren also darin vollständig einig, dass eine arktische Flora über das eisfreie Gebiet zwischen der skandinavischen und der alpinen Vereisung während der Eiszeit existierte, und schon FORBES und DARWIN hatten darin eine einfache Erklärung für das Vorkommen so vieler arktischen Arten in den Alpen finden wollen. Diese Hypothese hatte also während 24 Jahren existiert, als ich die ersten fossilen Glacialpflanzen 1870 in Schonen entdeckte, weshalb ich auf dieselbe in meiner ersten diesbezüglichen Publikation (1871) im Hinweis auf die genannten Autoren verweisen konnte.

Ich habe auf diese den Pflanzengeographen wohlbekannte Tatsache hier so ausführlich hingewiesen, weil ein schweizerischer Forscher,¹ welchem dieselbe unbekannt zu sein scheint, die obige Hypothese, die schon vier Jahre vor meinem Geburt ausgesprochen war, neuerdings als die Nathorst'sche Hypothese bezeichnet. Ebensowenig wie ich mich selbst mit fremden Federn schmücken will, kann ich aber gestatten, dass ein anderer mir solche zuerteilt, weshalb ich die erwähnte, für mich sonst sehr ehrenvolle Benennung ganz bestimmt zurückweisen muss.

Meine Untersuchungen neben denjenigen einiger anderen Forscher haben nur dazu beigetragen, die Richtigkeit der FORBES'schen Hypothese zu beweisen, weshalb man in dieser Beziehung gegenwärtig anstatt von einer solchen von einer Tatsache reden kann.

Es dürfte hier überflüssig sein auf die vielen Funde fossiler Glacialpflanzen, die seit 1870 gemacht wurden, einzugehen.

¹ H. BROCKMANN-JEROSCH in einem Aufsatz (1910) über fossile Pflanzenreste bei Kaltbrunn in der Schweiz.

Man kann über die meisten derselben bei ENGLER (1879, 1899) und bei mir (1891, 1894, 1895, 1910) Auskunft erhalten. Was die Schweiz betrifft, so verweise ich insonderheit auf die vorzüglichen Arbeiten OSWALD HEER's und C. SCHRÖTER's.

Von den fossilen Pflanzenresten ausgehend, die in einer Deltabildung bei Kaltbrunn in der Schweiz gefunden wurden, hat BROCKMANN-JEROSCH in dem zitierten Aufsatz schliessen wollen, dass die bisherige Auffassung des Wesens der Eiszeit unrichtig sei. Die Eiszeit soll nach ihm fast ausschliesslich durch grössere Niederschläge hervorgerufen und durch ein ausgeprägtes ozeanisches Klima gekennzeichnet gewesen sein. »Wenn eine Temperaturerniedrigung mitgewirkt hat, so betrug diese während der Bühlvergletscherung höchstens 1,5° C. Es gibt aber keine phytopaläontologische Tatsachen, die diese Temperaturerniedrigung anzeigen oder verlangen.»

Die betreffenden Pflanzenreste (eine Eichenflora oder besser, wie WEBER will, eine Fichtenflora mit eingesprenkten Tannen und Eichen), auf welche BROCKMANN-JEROSCH seine Ansichten stützt, sollen nach ihm in einer glacialen Deltaablagerung vorgekommen sein. Jeder Sachverständige sieht aber schon nach dem mitgeteilten Profil und nach der begleitenden Beschreibung ein, dass es sich statt dessen um eine interglaciale Ablagerung handelt, was auch von C. WEBER (1911) und A. PENCK (1912) ausführlich dargelegt worden ist. Jener hat dazu mit Recht auf die Unvollständigkeit der von BROCKMANN-JEROSCH ausgeführten Untersuchung hingewiesen. »Eine vollständige stratigraphische Untersuchung der ganzen Schicht wäre sehr erwünscht«, sagt WEBER. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, dass bei einer solchen Untersuchung auch andere Pflanzen, ja, sogar Glacialpflanzen in anderen Schichten der Ablagerung würden entdeckt werden können.

Da ich mich den Ansichten WEBER's und PENCK's völlig anschliesse, brauche ich mich hier nicht bei der fossilen Flora von Kaltbrunn aufzuhalten, sondern begnüge mich damit, auf die Arbeiten der erwähnten Forscher zu verweisen. Von sei-

nem falschen Ausgangspunkt weiter fortschreitend hat aber BROCKMANN-JEROSCH weitgehende Schlussfolgerungen für die ganze Eiszeit ziehen wollen, und spricht dabei der Kaltbrunner Ablagerung eine grössere Bedeutung zu, als den jetzt wohl nach hunderten zählenden Ablagerungen, die wirkliche Glacialpflanzen enthalten und die eine ganz andere Geschichte als die Kaltbrunner Ablagerung zu berichten haben. Es lohnt sich aber nicht auf die vielen Unrichtigkeiten, die in seinem Aufsatz vorkommen, ausführlicher einzugehen, denn dieser ist für die vorliegende Frage — die Glacialflora der Eiszeit — vollkommen bedeutungslos. Da aber seine Schlussfolgerungen von Botanikern, die die wirklichen Verhältnisse weder kennen noch beurteilen können, vielleicht als zuverlässig angesehen werden, habe ich es für angemessen gehalten hier eine kurze Übersicht über das Auftreten der fossilen Glacialpflanzen zu geben. Eine solche Darstellung dürfte nämlich besser als eine blossе Polemik die wahren Verhältnisse veranschaulichen und wird gleichzeitig die Unrichtigkeit der BROCKMANN-JEROSCH'schen Hypothesen ganz von selbst beweisen. Von einer auch nur annähernd erschöpfenden Übersicht der fossilen Glacialflora oder der Fundstätten derselben, ist hier nicht die Rede; ich werde mich vielmehr darauf beschränken, einige Beispiele von dem Auftreten dieser Flora im skandinavischen und mitteldeutschen Gebiet zu geben, natürlich mit Rücksicht auch auf andere Vorkommnisse, wo solches vonnöten ist. Dass ich dabei manches wiederhole, was ich schon an anderer Stelle gesagt habe, ist nicht zu vermeiden, und dürfte wohl kaum als ein Nachteil anzusehen sein.

In Schonen, wo die fossilen Glacialpflanzen zuerst (1870) entdeckt wurden, sind dieselben in den meisten Fällen in Ablagerungen gefunden, die unmittelbar auf der Grundmoräne der Eiszeit abgesetzt sind. »Sie werden im allgemeinen unter Alluvialbildungen angetroffen, teils in grösseren oder kleineren — oft sehr kleinen — abgeschlossenen Becken, teils in Niederungen einen Wasserlauf entlang, teils in den Umgebungen

eines noch vorhandenen Sees und können schlechtweg als die Alluvialbildungen der spätglacialen Zeit charakterisiert werden. Sie bestehen in der überwiegenden Anzahl der Fälle aus Ton, der mehr oder weniger sandhaltig ist, aus tonhaltigem Sande oder bisweilen reinem Sande, je nach der Grösse des Beckens und der Beschaffenheit der umgebenden Moränen. Wenn die Ablagerung sehr mächtig ist, können die unteren Lagen, bei denen die Schichtung am besten ausgeprägt ist, eine gewisse äussere Ähnlichkeit mit dem marinen Bänderton aufweisen, und es ist möglich, dass diese unteren Lagen in den Fällen, wo es sich um ein grösseres Becken oder den Boden eines ausgedehnten Tales handelt, vereinzelt ihr Material von einem Gletscherstrom erhalten haben, obwohl dies nur ausnahmsweise der Fall gewesen sein dürfte. Für die überwiegende Anzahl der Fälle, wo es sich um kleinere, abgeschlossene Becken handelt, kann es natürlich nicht in Frage kommen, dass die Ablagerung ihr Material in solcher Weise erhalten hat. Gegen eine derartige Annahme spricht im übrigen das Vorkommen von Mollusken, Ostrakoden und Wasserpflanzen, welche oft schon in den ältesten Schichten zu finden sind. Man dürfte statt dessen annehmen können, dass es der bei der jährlichen Schneeschmelze aus der unmittelbaren Umgebung in das Becken oder in die Senkung hinuntergespülte Schlamm ist, der das Material der betreffenden Ablagerungen geliefert hat.¹ Man muss sich hierbei vergegenwärtigen, dass der Boden in den hocharktischen Gegenden selten von einem völlig zusammenhängenden Pflanzenteppich bedeckt ist, weshalb die Einwirkung des Schmelzwassers auf die Unterlage bedeutend intensiver wird als innerhalb der gemässigten Zone. Kleinere, von dem schmelzenden Gletscher-Eis kommende Rinnsale können hierbei natürlich auch eine Rolle gespielt haben.» (NATHORST 1910.)

¹ Wenn BROCKMANN-JEROSCH ohne weiteres die Dryastone als »Ablagerungen des Gletscherwassers« erklärt, so beweist dies nur, dass er sich auch hier über eine Sache äussert, die er nicht hinreichend kennt.

Ich konnte 1910 mehr als 60 Fundorte für arktische Pflanzenreste in Schonen angeben (Fig. 1), und die Zahl derselben dürfte jetzt durch neue Funde noch etwas höher sein. Die erwähnte Ziffer, heisst es bei mir 1910, »würde sicherlich um eine Null vermehrt werden können, wenn es in allen den kleinen mit Torf und Alluvialbildungen gefüllten Becken, die innerhalb des Moränengebietes der Landschaft vorkommen und unter denen die spätglacialen Schichten im allgemeinen ihren



Fig. 1. Bis 1910 bekannte Fundstätten für arktische Pflanzenreste (●), Renn- tierreste (+) und Eisbärenreste (*) in Schonen (NATHORST, 1910).

Platz haben. Aufschlüsse gäbe. Denn die fraglichen pflanzenführenden Ablagerungen kommen dort nicht zufällig vor, sondern treten als eine bestimmte und wiederkehrende Formation auf, sobald die Beschaffenheit der Moränenlandschaft das Vorkommen einer spätglacialen Süsswasserablagerung zugelassen hat.»

»Die Blätter und sonstigen Reste der fossilen Glacialpflan-

zen kommen zuweilen vereinzelt in den erwähnten Schichten vor; bei genauerer Untersuchung der Ablagerung wird man aber gewöhnlich finden, dass die Pflanzenreste in besonderen

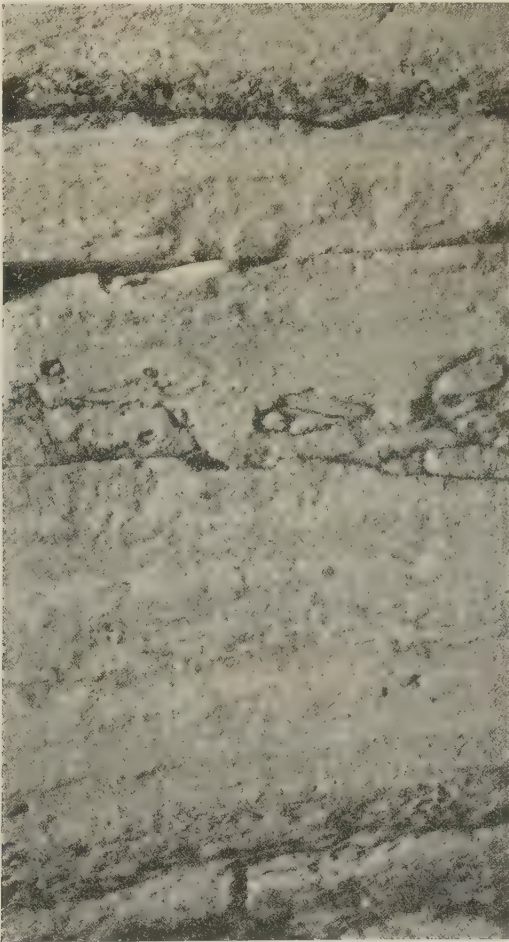


Fig. 2. Sandiger spätglacialer Süßwasserton von Gärdslöf, Schonen, mit Streifen von pflanzlichem Detritus. (Photographie einer im Naturhist. Reichsmuseum zu Stockholm befindlichen Probe.) Nat. Gr.

Streifen innerhalb der Ablagerung vornehmlich auftreten. Um eine richtige Vorstellung von der Menge der Pflanzenreste zu erhalten, muss man aber einige Proben von dem Tone (bezw.

Sande) schlämmea. Man wird dabei oftmals erstaunt sein, eine allem Anschein nach beinahe sterile Ablagerung voller Pflanzenreste zu finden. Zuweilen, wie insonderheit bei Gärdslöf aber auch an einigen anderen Lokalitäten, bilden die Blätter und sonstigen Reste im Sande oder Tone 1—2 cm dicke Streifen, die fast ausschliesslich aus Pflanzenresten bestehen (Fig. 2, 3.) In solchen Fällen kann man leicht aus den nicht gerade umfangreichen mitgenommenen Proben mehrere hundert oder tausend Blätter von *Dryas*, *Betula nana*, *Salices* etc., ganze z. T. noch blättertragende Stammreste von *Dryas*, wie auch



Fig. 3. Partie der Oberfläche einer Pflanzenschicht von derselben Lokalität. (Photographie einer im Reichsmuseum zu Stockholm befindlichen Probe.) B, B. Blätter von *Betula nana*; D, D, von *Dryas octopetala*. Nat. Gr.

Zweige, Früchte, Samen von den erwähnten und noch anderen Arten, Moosen u. s. w. gemischt heraus Schlämmea. Es handelt sich hier um kleine Deltabildungen, und die Pflanzen sind nicht nur durch den Wind sondern auch durch fließendes Wasser in die Ablagerung gebracht und gewähren uns daher ein verhältnismässig gutes Bild von dem Pflanzenteppich des Tundrabodens.»

Wenn man an einer solchen Lokalität schon mittelst einiger Spatengriffe eine so grosse Menge von Pflanzenresten erhalten kann, und wenn man ferner bedenkt, dass die pflan-

zenführende Schicht sich gewöhnlich über eine beträchtliche Fläche ausdehnt, muss die Zahl der in derselben eingeschlossenen Pflanzenreste eine ganz enorme sein. Die widerstandskräftigsten Blätter, wie diejenigen von *Dryas* und *Betula nana*, müssen zu mehreren hundert tausenden oder gar Millionen vorkommen. Nun finden sich ja ähnliche Ablagerungen über einen grossen Teil von Schonen verbreitet, und man kann deshalb mit vollkommener Sicherheit den Schluss ziehen, dass die damals lebende Flora eine arktische war und dass der Pflanzenteppich eines grossen Teiles der Provinz einen wahren Tundraboden bildete. Wir haben ferner gesehen, dass die Mehrzahl der Becken, in welchen die Ablagerungen mit arktischen Pflanzenresten vorkommen, klein und oftmals geschlossen sind und dass die Tonablagerungen ihre Entstehung nicht den Gletscherflüssen zu verdanken haben.¹

Die Tierreste, die in den spätglacialen Süsswasserablagerungen Schonens vorkommen, stehen mit den Pflanzenresten in vollständigem Einklang, wie z. B. diejenigen des Renntieres (vergl. Fig. 1, S. 274), die an einer Menge Lokalitäten gefunden wurden, und des kleinen arktischen Krebstieres *Lepidurus glacialis* u. a.

Die geologischen Verhältnisse Schonens sind für das Studium des Vorkommens fossiler Glacialpflanzen darum besonders günstig, weil die kleinen Süsswasserbecken, die die betreffen-

¹) Als Gegensatz zu dieser auf wirklichen Beobachtungen gegründeten Darstellung erlaube ich mir folgenden Passus aus BROCKMANN-JEROSCH's Arbeit anzuführen (die Parenthesen sind von mir): »Bei dieser Gelegenheit mag übrigens betont werden, dass die *Dryasflora* i. e. S. nur in herbeigeschwemmten Pflanzenresten erhalten geblieben ist; selten (?) sind es einzelne Pflanzen, meist handelt es sich nur um Blätter. Es fragt sich nun, wo haben diese Pflanzen gestanden? Da das Wasser, das sie mitriss, vom Gletscher herkam(?), so liegt es nahe, sie sich auf dem Moränenboden wachsend zu denken. Es scheint mir aber gar nicht ausgeschlossen, dass sie zum Teil auf dem Gletscher selbst auf den Obermoränen wuchsen. Wie dem auch sein mag, grosse Ausdehnung dürfen wir der *Dryasregion* jedenfalls nicht geben(?), auch handelt es sich um keine geschlossene Vegetationsformation(!).» Wie vollständig diese Darstellung von den tatsächlichen Verhältnissen abweicht, dürfte von selbst hervorgehen.

den Ablagerungen enthalten, innerhalb eines Gebiets der letzten Vergletscherung liegen, das zum grössten Teil vom spät-glacialen Meere niemals überflutet wurde. Ähnlich günstige Verhältnisse finden sich teilweise auch in Dänemark (HARTZ 1902), in den Ostseeprovinzen und im nördlichen Deutschland. Weiter südwärts aber haben wiederholte Vor- und Rückzüge des Landeises, Verlegungen der Flussläufe, Denudation und Verwitterung bedeutend verwickeltere Verhältnisse hervorgerufen, weshalb verschiedene Schwierigkeiten hier dem Aufsuchen fossiler Reste der Glacialflora entgegentreten. Dessenungeachtet kennen wir jetzt einige glacialpflanzenführende Lokalitäten, die von der äussersten Grenze des skandinavischen Diluviums nicht weit entfernt sind. Wir können uns deshalb auf einmal von Schonen nach diesen Lokalitäten versetzen, denn wenn auch hier, während einer Phase der Eiszeit eine Glacialflora existierte, kann man im voraus wissen, dass eine solche auch in dem dazwischen liegenden Gebiet seinerzeit vorgekommen sein muss. Für den vorliegenden Gegenstand hat es dabei nicht so viel zu bedeuten, wenn die arktische Flora während interglacialer Zeiten mit wärmerem Klima eventuell von einer anderen Flora mit Baumwuchs zeitweilig verdrängt wurde, denn beim Wiedereintreten arktischer Verhältnisse breitete sich die Glacialflora wieder aus. Man kann also, wenn es sich nur um das ehemalige Vorkommen oder Nicht-Vorkommen der Glacialflora in einem gewissen Gebiet handelt, von den milderen Interglacialzeiten absehen. Dies wird theoretisch deutlich, wenn man sich vorstellt, dass das skandinavische Inlandeis während des Maximums seiner Verbreitung von einer Glacialflora umsäumt war, dass das Eis dann infolge des Eintretens eines wärmeren Klimas zu schmelzen begann und sich nach Norddeutschland zurückzog, während eine Baumflora den ehemaligen Platz der Glacialflora einnahm. Als das Eis sich darnach, infolge zunehmender Kälte, wieder auszubreiten begann und nochmals gegen Süden vorrückte, kehrten die alten Verhältnisse mehr minder wieder, und

das Resultat bleibt in den Hauptzügen dasselbe, auch wenn diese Vorgänge sich zu wiederholten Malen abspielten. Während solcher Wanderungen vor und zurück können natürlich viele Veränderungen in der Zusammensetzung der Glacialflora eingetreten sein, was zu diskutieren jedoch hier nicht der Ort ist.

Es wird ferner aus dem oben gesagten klar, dass es glücklicherweise nicht so viel zu bedeuten hat, wenn man die Frage von einem gleichzeitigen oder nicht gleichzeitigen Alter zweier oder mehrerer glacialpflanzenführenden Ablagerungen noch nicht mit Sicherheit beantworten kann. Die Hauptsache ist die Feststellung der Tatsache selbst: dass eine Glacialflora seinerzeit an den betreffenden Stellen wirklich zu Hause war, sei es nun während dieser oder jener Phase der Eiszeit. Hierbei muss aber ganz besonders daran erinnert werden, dass die Flora einer Ablagerung, die während des Rückzugs des Landeises abgelagert wurde, nicht immer hinreichende Zeugnisse von den extremen Verhältnissen geben kann, die während des Maximums der betreffenden Vereisung herrschend waren. Denn dieser Rückzug selbst wurde ja eben durch eine Veränderung der erwähnten Verhältnisse hervorgerufen.

Vor zwanzig Jahren konnte ich das Vorkommen einer fossilen Glacialflora in Sachsen und zwar bei **Deuben** im Weiseritzthale SSW. von Dresden konstatieren, an derselben Stelle wo A. SAUER die Flügeldecke eines arktischen Käfers (*Carabus groenlandicus*) entdeckt hatte, eine Entdeckung, die mich in der That veranlasste nach fossilen Glacialpflanzen gerade hier zu suchen. Für die näheren Umstände dieses Fundes verweise ich auf meinen diesbezüglichen Aufsatz 1894, hier dürfte ich mich darauf beschränken können die gefundenen Arten zu erwähnen. Dass die Zahl derselben verhältnismässig klein ist, rührt daher, dass ich nur sehr kurze Zeit auf das Einsammeln verwenden konnte. Von den fünf Moosen haben drei (*Hypnum exannulatum*, *stellatum* und *trifarium*) eine kosmopolitische Verbreitung, die sich bis nach Spitzbergen erstreckt,

während zwei (*Hypnum turgescens* und *sarmentosum*) arktisch-alpin sind. Cyperaceen waren stark vertreten, mehr als 400 Nüsschen von *Carices* wurden erhalten, obschon eine sichere Artbestimmung derselben nicht ausgeführt werden konnte; auch Stengelreste von Cyperaceen waren häufig. Von sonstigen Pflanzenresten wurden folgende angeführt: *Eriophorum* cfr. *Scheuchzeri*, *Stellaria?* sp., *Batrachium confervoides*, *Saxifraga aizoides*, *S. Hirculus*, *S. oppositifolia*, *Polygonum viviparum*, *Salix herbacea*, *S. cfr. retusa*, *S. cfr. myrtilloides*, *S. cfr. arbuscula*. Die aus der Zusammensetzung dieser Flora damals gemachten Schlüsse resultierten darin, dass es sich um eine echte Glacialflora handeln musste. Mit dieser Schlussfolgerung harmonieren auch die zahlreichen Käferreste, die hauptsächlich in den an Cyperaceen reichen Schichten gefunden und von dem hervorragenden schwedischen Entomologen C. G. THOMSON bestimmt wurden. Von den sieben Käfer-Arten haben nämlich fünf eine kosmopolitische Verbreitung, während zwei, *Elophorus nivalis* THOMS. (= *glacialis* VILLA) und *Simplocaria metallica* (STRM.) MARSH., nordisch-alpine Formen sind. Die Reste der letzteren Art waren den übrigen bedeutend überlegen, denn nicht weniger als etwa 50 Exemplare, mehrere mit beiden Flügeldecken, wurden erhalten. Wie oben erwähnt war auch *Carabus groenlandicus* schon früher an derselben Lokalität gefunden worden.

Eine andere Stelle, wo fossile Glacialpflanzen in Sachsen gefunden wurden, liegt nordnordwestlich vom Bahnhof Borna, unter 51° 7,5' n. Br. Diese Lokalität beansprucht daher ein ganz besonderes Interesse, weil die Pflanzenreste hier in derselben Schicht gefunden wurden, wie das von Professor Dr. J. FELIX (1909, 1912) beschriebene fast vollständige Mammutskelett, wozu ferner noch das Stück einer Renntierstange kommt. Diese Ablagerung gehört zu einem anderen Zeitabschnitt der Eiszeit als diejenige von Deuben. Dr. K. PIETZCH hat mir darüber zuvorkommend folgende Mitteilung gemacht. »Herr Dr. F. ETZOLD teilt mir mit, dass er die pflan-

zenführende Diluvialschicht von Borna in die Zeit vor der Hauptvereisung (2. Glacial) stellen würde. Jedenfalls ist diese Schicht viel älter als die Deubener und Lugaer Schichten» (s. unten). Bei der Schlämmung einiger mir von Herrn FELIX gesandten Tonproben konnte, neben Moosen, auch das Vorkommen von *Salix polaris* konstatiert werden; die ausführlichere Untersuchung wurde aber von Professor Dr. C. A. WEBER ausgeführt, der die Lokalität zweimal (1910 und 1913) selbst besucht und die Resultate seiner Untersuchungen in einer neuerdings (1914) erschienenen, vortrefflichen Arbeit veröffentlicht hat. Aus dieser Arbeit, auf welche ich im übrigen verweise, geht hervor, dass WEBER Reste von fast 70 bestimmbaren Arten erhalten hat, von welchen mehr als die Hälfte Moose sind:

»Die überwiegende Mehrzahl der in unserer Fundschicht angetroffenen Pflanzen hat eine sehr weite Verbreitung. Sie leben gegenwärtig ebensowohl in der Arktis wie in alpinen Lagen der gemässigten Zone und in dem mitteleuropäischen Tieflande, und das gilt gerade von denen, die nach der Menge ihres Auftretens tonangebend waren.

Aber eine kleine Zahl ist an klimatisch enger charakterisierte Regionen gebunden. Unter den Pflanzen unserer Liste sind nämlich gegenwärtig arktisch-alpin: *Tortula aciphylla*, *Desmotodon latifolius* var. *muticus*, *Mnium hymenophylloides*, *Philonotis tomentella*, *Timmia norvegica*, *Amblystegium curvicaule*, *Hypnum hamulosum*, *H. purpurascens* var. *rotae*, *H. Richardsoni*, *Eriophorum Scheuchzeri*, *Salix herbacea*, *S. myrsinites*; arktisch: *Cinclidium arcticum*, *Salix polaris*, *Ranunculus hyperboreus*, *Armeria arctica*; alpin: *Arabis saxatilis*, *Potentilla aurea*.

Dazu kommen einige Arten, die eigentlich an klimatisch gemässigte Verhältnisse gebunden sind und nur bedingungsweise in günstigere Regionen der Arktis wie der alpinen Gebirgslagen des gemässigten Klimas eintreten. Es sind: *Nitella flexilis*, *Sphagnum imbricatum*, *Sph. papillosum*, *Urtica*

dioica, *Coronaria flos cuculi*, *Silene inflata*, *Carduus aut Cirsium*. Vielleicht sind ihnen noch *Mnium punctatum*, *Hypnum chrysophyllum* und *Ranunculus acer* anzureihen.

Wir haben demnach in unserer Fundschicht bei Borna eine Vegetation vor uns, deren Hauptcharaktere sind: Baumlosigkeit oder grösste Baumarmut, ein Vorherrschen indifferenter Typen, das Vorkommen einer Anzahl von Arten, die an arktische oder alpine Verhältnisse gebunden sind, und endlich das einiger, die nur unter günstigeren Umständen dort zu gedeihen vermögen.»

Wie aus dem obigen Zitat hervorgeht, lässt WEBER die Frage nach dem Baumwuchs insofern offen als er eine vollständige Baumlosigkeit nicht bestimmt behaupten will, sondern als Alternativ von grösster Baumarmut spricht. Alles was auf Baumwuchs hindeutet, ist ein 15 mm langes, 17 mm breites und 6 mm dickes abgerolltes Stück der Borke von *Pinus sylvestris*. Es gibt keine andere Erklärung als die, dass Rotföhren, wofern das gefundene Rindenstück nicht etwa aus einer ältern, erodierten Ablagerung stammen sollte, damals, wenn überhaupt, so nur äusserst spärlich in der nähern und weitem Umgebung unserer Fundstätte lebten.» Auch die fast vollständige Abwesenheit von *Pinus*-Pollen in den vielen mikroskopischen Präparaten gibt den gleichen Ausschlag. Er fand nämlich in denselben nur »einmal zwei gut erhaltene aber etwas zerdrückte Pollen einer *Pinus*«. Ich habe seinerzeit (1910) hervorgehoben, dass man dem Vorkommen des Kiefernpollens keinerlei Beweiskraft beimessen kann, wenn andere Kiefernreste fehlen oder wenn der Pollen nicht massenhaft vorhanden ist. Ich erinnerte in dieser Hinsicht an die sog. »Schwefelregen«, »die ja zum grössten Teile aus Pollenkörnern bestehen, und was speziell die der Kiefer anlangt, so sind ja diese auf Grund ihres Flugapparates geeignet, so zu sagen überall hingeführt zu werden« . . »Wer EHRENBURG's Arbeiten über Passatstaub, Blutregen etc. gelesen hat, hat wohl nicht umhin können auf die stetig wiederkehrenden

'*Pollen Pini*' unter den vegetabilischen Fragmenten, die er aufzählt, aufmerksam zu werden. Von besonderem Interesse sind WILLE's Funde von *Pinus*-Pollen aus zwei Süßwasseransammlungen auf Nowaja Semlja. Hier wurde nämlich der Pollen in Wasseransammlungen gefunden, die zum grossen Teil von denselben arktischen Pflanzen umgeben sind, welche fossil in den spätglacialen Schichten Schonens vorkommen . . . Das Vorkommen des Pollens [auf Nowaja Semlja] erklärt sich einfach daraus, dass der Blütenstaub aus dem grossen Nadelwaldgebiet Nordrusslands durch Südwinde nach Nowaja Semlja geführt wurde. Dies setzt für den einen Fundort einen Transport von mindestens 575, für den nördlichern von mindestens 700 Kilometern, vielleicht bedeutend mehr voraus».

Es wird aus dem Gesagten klar, dass den beiden Pollenkörnern von *Pinus*, die in der Bornaablagerung gefunden wurden, keinerlei Beweiskraft für das Vorkommen der Kiefer in diesem Teil des Landes während der Zeit, wo die Ablagerung gebildet wurde, beigemessen werden kann. Dies wird auch von WEBER selbst hervorgehoben, der ferner ganz richtig bemerkt, dass es nicht denkbar ist, dass der Pollen derselben »etwa besonders lebhaft der Zersetzung anheimgefallen wäre«. Dasselbe wird vollends durch die Erfahrung bestätigt, die ich während meiner Untersuchungen kutinierter Pflanzenreste älterer Formationen gewonnen habe. Es hat sich nämlich dabei gezeigt, dass Mikrosporen und Pollenkörner fast unzerstörbar sind. Bei der Schlämmung eines Lias-Tons aus Hör in Schweden, dessen Alter wohl mehrere Millionen Jahre beträgt, wurde z. B. eine ungeheure Menge von Sporen und Pollenkörnern erhalten, unter den letzteren auch solche, die wahrscheinlich der Gattung *Pinus* angehören.¹

¹ BROCKMANN-JEROSCH greift also wieder stark daneben, wenn er, um die Abwesenheit von Pollenkörnern zu erklären, ohne weiteres behauptet, dass die Tone »schlechte Erhaltungsbedingungen bieten«. Wäre diese Behauptung richtig,

Auch von Birken wurden »einige gut erhaltene Pollenkörner in der gebankten Region an verschiedenen Stellen« der Bornaablagerung gefunden, wie aber WEBER bemerkt, ist eine Artbestimmung nach Pollen nicht möglich, und es ist also gar nicht gesagt, dass es sich hier um Pollen von baumartigen Birken handelt. Vorausgesetzt aber, »dass die angetroffenen Birkenpollen von solchen und nicht von strauchartigen Arten wie *Betula nana* stammen, so kann man höchstens an weit zerstreute, wenig ausgedehnte Birkenhaine denken«. Nun kommt aber der für WEBER damals unbekannte Umstand hinzu, dass ich während des Sommers 1913 von Dr. KURT PIETZSCH Proben von einem pflanzenführenden sandigen Ton erhalten habe, der bei Luga am linken Elbtalgehänge südlich von Dresden unter diluvialem Gehänge vorkommt. Bei der Untersuchung (bezw. Schlämmung) dieser Proben fand ich u. a. auch Blätter, Früchte und Fruchtschuppen von *Betula nana*, und es ist also sehr wohl möglich, dass der Birkenpollen in der Bornaablagerung eben von der Zwergbirke stammt. Die Ablagerung von Luga ist allerdings, nach der Mitteilung PIETZSCH's, jünger als die Bornaablagerung, das Vorkommen der Zwergbirke, als jene abgesetzt wurde, macht es aber immerhin wahrscheinlich, dass dieselbe auch früher auf sächsischem Gebiet zu Hause war.

Da WEBER selbst die Möglichkeit hervorgehoben hat, dass das kleine Rindenstück der Kiefer vielleicht »aus einer älteren erodierten Ablagerung stammen« kann, was mir am wahrscheinlichsten erscheint, und da weder die Pollenkörner von *Pinus* noch diejenigen von *Betula* als Beweise für Baumwuchs an der Fundstätte selbst betrachtet werden können, glaube ich für meinen Teil, dass von den beiden Alternativen, Baumlosigkeit oder grösste Baumarmut, jene das richtige trifft, und zwar um so mehr, da weder bei Deuben noch bei

was zum Glück nicht der Fall ist, dann würde unsere Kenntnis von den Floren älterer Perioden nur ein Bruchteil von dem sein, was wir tatsächlich davon wissen.

Luga Baumreste gefunden wurden. Die Frage bleibt allerdings unentschieden, es ist aber zu hoffen, dass weitere Funde dieselbe entscheiden werden.

Wenden wir uns nun einer anderen, sehr wichtigen Lokalität zu, die ebenfalls ihren Platz an einer Stelle hat, die sich nicht weit von der äussersten Grenze des nordischen Diluviums befindet. Diese Lokalität ist **Krystynopol** in Galizien, wo Dr. WL. SZAFER eine fossile Dryasflora 1911 entdeckt hat. Nachdem eine vorläufige Notiz seiner Entdeckung während des erwähnten Jahres veröffentlicht war, liegt eine ausführliche Beschreibung des Fundes seit 1912 vor, aus welcher folgende Zusammenfassung entnommen ist.

Auf dem senonen Kreidemergel ruht eine 4 m mächtige, wahrscheinlich präglaciale Ablagerung von Sand und Schotter lokaler Herkunft, in welcher kein nordisches Material nachgewiesen wurde. Diese Ablagerung wird von einem bläulichen, 11.8 m mächtigen, in allen Horizonten *Dryas*-führenden, von den Schichten des pflanzlichen Detritus »gebänderten«, etwas sandigen, pflanzenführenden glacialen Ton überlagert, welcher auch *Pupa columella* und *Helix tenuilabris* enthält. Darüber liegen fluvioglacialer Sand und Schotter mit nordischem Material, 3 m mächtig, und zu oberst ein 0.5 m mächtiger, deutlich geschichteter diluvialer Lehm mit *Helix hispida*, *H. tenuilabris*, *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga*, *Limnaea palustris*, *Planorbis marginatus*, *P. rotundatus*.

Aus dieser Darstellung wird es klar, dass die betreffende pflanzenführende Ablagerung während des Vorrückens des skandinavischen Landeises abgelagert sein muss, bevor das Inlandeis selbst die Lokalität erreicht hatte. Dr. SZAFER fasst die Resultate seiner Untersuchung folgendermassen zusammen: »Auf einem kalkreichen Sumpfe, an dessen Zusammensetzung die Moose (*Drepanocladus vernicosus*, *D. capillifolius*, *D. subuluncus*, *Calliergon giganteum*, *Scorpidium scorpioides*) und die Seggen stark beteiligt waren, wuchs eine baumlose Zwergstrauchformation, deren wichtigste Komponenten die Zwerg-

weiden (*Salix herbacca*, *S. retusa*, *S. polaris*, *S. reticulata*, *S. myrtilloides?*) und die Zwergbirke (*Betula nana*) waren. Daneben lebten: *Dryas octopetala*, die kleinblättrige Form des *Polygonum viviparum*, *Stachys?*¹ und *Galium* sp. (*palustre?*). In den Wassertümpeln, die sich in der Nähe befunden haben müssen, war eine Wasserflora entwickelt, wo Characeen, mehrere *Potamogeton*-Arten (nachgewiesen *P. pusillus*), *Batrachium* sp. (*conferroides?*) und *Myriophyllum* sp. lebten. Wir haben also hier zwei verschiedene Pflanzenformationen gleichzeitig und neben einander: eine Moos- und Zwergstrauch-Tundra von ausgesprochen arktischem Charakter, neben einer Wasserflora, deren Vertreter noch heutzutage bei Krystynopol zu finden sind.»

Der oberste Horizont des Glacialtons spricht von etwas veränderten Verhältnissen von mehr limnischem Charakter mit vielen Wasseralgen, die auf grössere Wasserflächen schliessen lassen. »Die seltenen Reste von *Dryas octopetala*, *Betula nana*, sowie die Holzstücke von *Alnobetula viridis*,² die sich in diesen limnischen Schichten vorfinden, spielen hier eine untergeordnete Rolle und sind hieher vom Wasser gebracht worden, gehören aber zu den Pflanzenformationen, die die Ufer jener grösseren Wasserflächen beherrschten.»

Die von SZAFFER hervorgehobene Tatsache, dass eine der jetzigen ähnliche Wasserflora gleichzeitig neben einer Landflora von ausgesprochen arktischem Charakter seinerzeit bei Krystynopol lebte, stimmt vollständig mit den Erfahrungen überein, die von anderen pflanzenführenden Glacialablagerungen gewonnen wurden. Es schien seinerzeit, bevor man diese Sache erklären konnte, als wäre eine Disharmonie vorhanden, indem nämlich die Wasserflora einen anderen Ausschlag als

¹ WEBER (1914) hielt es für möglich, dass dieser Rest ein Fruchtkelch von *Armeria arctica* sei.

² Einige im obersten Horizonte gefundene 5—15 cm lange und 0,5—2 cm dicke Aststücke erwiesen sich nämlich infolge ihres anatomischen Baues als zu dieser Art gehörig.

die Landflora für die während der glacialen Zeit herrschenden klimatologischen Verhältnisse geben würde (G. ANDERSSON 1906). WEBER hat aber schon 1906 mit Recht hervorgehoben, dass eine niedrigere geographische Breite mit ihrer abweichenden Tageslänge und den stärkeren Licht- und Wärmewirkungen der Sonnenstrahlen während der Eiszeit notwendig andere klimatische Verhältnisse als die heute im hohen Norden herrschenden hervorrufen musste. Ich habe diesen Gedanken in meinem Aufsatz von 1910 weiter verfolgt und konnte mich dazu auf die inzwischen (1909) veröffentlichten Beobachtungen WESENBERG-LUNDS stützen.

»Nimmt man für einen Augenblick an«, heisst es bei mir, »dass das Klima in Schonen beim Abschmelzen des Eises gleich dem des Eisfjordes (bei $78^{\circ} 30'$) auf Spitzbergen (mit einer Julitemperatur von $+4,42^{\circ}$ C.) gewesen sei, so ist es wahrscheinlich, dass sich die Verhältnisse in Schonen bei $55^{\circ} 20' - 56^{\circ} 20'$ n. Br. gerade für die Wasserpflanzen relativ günstig gestalten würden. Bei einem so niedrigen Stande, wie ihn die Sonne auf dem Breitengrade von Spitzbergen einnimmt, sind es gerade die Wasseransammlungen, die in die ungünstigste Lage kommen, weil die Sonnenstrahlen den Wasserspiegel in einem sehr spitzen Winkel treffen, wogegen besonders die dem Süden zugewendeten Gebirgshänge dem Einfluss der Sonnenstrahlen in bedeutend höherem Grade ausgesetzt werden, weshalb auch solche Lokale den üppigsten Pflanzenwuchs aufzuweisen haben. Unter den Breitengraden von Schonen würden sich auf Grund des höheren Standes der Sonne während des Sommers die Verhältnisse für Wasseransammlungen bedeutend günstiger gestalten, während das flache Land nicht sonderlich vorteilhaftere Bedingungen für die Landpflanzen dargeboten haben dürfte als jetzt auf Spitzbergen vorhanden sind. Vielleicht hat man teils hierin, teils in den etwas längeren Sommern unter den betreffenden südlicheren Breitengraden den Grund dafür zu suchen, dass Wasserpflanzen bereits mit den arktischsten Arten im untersten

Horizont zusammen vorkommen. Ihr Auftreten wäre unter solchen Verhältnissen ganz natürlich.

Nun hat dazu der bekannte dänische Limnologe WESENBERG-LUND nachgewiesen, dass die monatliche mittlere Temperatur in der Littoralregion der Binnenseen während des Sommers, auf Grund verschiedener Umstände, die hier nicht berührt werden können, höher ist als die der Luft. 'Ist aber dies stichhaltig', sagt er, 'dann ist es auch ganz natürlich, dass man in derselben Ablagerung eine Landflora findet, die eine niedrige Temperatur erfordert, und eine Wasserflora, die einer bedeutend höheren bedarf. Unter unseren Breitengraden können die Seen, selbst während der älteren Dryaszeit und bei sehr niedrigen Lufttemperaturen, in der Littoralregion sehr wohl eine Sommertemperatur gehabt haben, die ein Gedeihen der Wasserpflanzen gestattete. Wenn die Wasserpflanzen heutzutage nicht so weit nach Norden gehen, so beruht dies ganz einfach darauf, dass die Dryasflora jetzt nach Breitengraden hinauf gerückt ist, wo die Littoralregion (der Seen) nicht mehr eine so viel höhere mittlere Temperatur im Sommer hat als die Luft, und wo die Natur der Seen eine andere ist. Daher eignen sich die Wasserpflanzen auch nicht gut zu Indikatoren für eine erhöhte Lufttemperatur. Vom limnologischen Gesichtspunkt aus lässt sich demnach die Disharmonie zwischen der Land- und Wasserflora in den spätglacialen Süßwasserablagerungen leicht erklären.' Sie wird in der Tat nach dieser Erörterung ganz selbstverständlich.»

Noch günstiger als für Schonen und Dänemark müssen sich die Verhältnisse für die Wasserpflanzen unter 50°—51° n. Br. gestaltet haben, und das Vorkommen einer der heutigen ähnlichen Wasserflora bei Krystynopol neben einer ausgesprochen arktischen Moos- und Zwergstrauch-Tundra ist daher nur was man im voraus erwarten konnte.

Die von WEBER hervorgehobene Verschiedenheit zwischen den klimatischen Verhältnissen der Dryaszeit bei niedrigeren

Breitengraden in Mitteldeutschland und den heute im hohen Norden herrschenden enthält ohne Zweifel auch die Erklärung des Vorkommens bei Borna der oben erwähnten Arten, die nur unter günstigeren Umständen unter arktischen oder alpinen Verhältnissen zu gedeihen im Stande sind.

Auch die vielen Käferreste, die in der Ablagerung bei Deuben gefunden wurden, deuten eine Verschiedenheit von Verhältnissen des eigentlichen hohen Nordens an. Analoge Verhältnisse fehlen übrigens heutzutage nicht. »Im mittleren Asien«, sagt schon ARESCHOUG (1867) »sind die rein arktischen und die mehr südlichen Pflanzen, wie es im allgemeinen auf grossen Kontinenten geschieht, in erstaunenswerter Weise mit einander gemischt, indem die arktischen Pflanzen in der Tiefebene bedeutend weiter nach Süden, die südlichen weiter nach Norden, als es in Europa geschieht, verbreitet sind.« Etwas Ähnliches dürfte im eisfreien Gebiet Mitteleuropas während verschiedener Phasen der Eiszeit der Fall gewesen sein. Ich glaube also, dass WEBER in der Hauptsache der Wahrheit nahe kommt, wenn er sich folgendermassen in seiner Borna-Arbeit ausdrückt: »Als die Eiszeiten ihre volle Wirksamkeit entfaltet hatten, herrschte in dem nicht vereisten Teile Mitteleuropas ein glaciales Klima, dessen Kennzeichen niedrige Winter-, verhältnismässig hohe Sommertemperaturen und niedrige Niederschläge bei vorherrschend östlichen und südöstlichen Winden waren. Sein glacialer Charakter trat um so stärker hervor, je tiefer die Temperaturenniedrigung war und je länger sie dauerte, und demgemäss sind nicht in allen Eiszeiten ganz dieselben Floren und Faunen zu erwarten.

Dieses Klima war hinsichtlich seiner physiologischen Wirkungen weder mit dem der heutigen Arktis noch dem der Hochalpen völlig identisch, ebensowenig mit dem der heutigen Steppen der gemässigten Zone. Da es aber Züge jedes dieser gegenwärtigen Klimate in sich vereinte, so war die Folge davon, dass Vertreter der Organismenwelt der heu-

tigen Arktis, der Hochalpen, der Steppe, wie der Tundra wenigstens während des Übergangs von der hochglacialen zu der spätglacialen Phase in Mitteleuropa nebeneinander, wenn auch vielleicht standörtlich getrennt, zu leben vermochten, indem während der erstgenannten Phase mehr der arktisch-alpine oder tundrenartige Charakter der aus Pflanzen und Tieren gebildeten Lebensgemeinschaften, während der zweiten aber mehr und mehr der steppenartige hervortrat, der dann allmählich in den der temperierten Grasflur-Lebensgemeinschaften und endlich des Waldes hinübergliitt.»

Nachdem das Manuskript des vorliegenden Aufsatzes schon grösstenteils niedergeschrieben war, habe ich, dank der Lebenswürdigkeit des Herrn Prof. M. RACIBORSKI in Krakau und seines Assistenten Herrn A. ZMUDA Kenntnis von einer anderen, sehr wichtigen fossilen Dryasflora erhalten, die in **Ludwinów**, einer Vorstadt von **Krakau**, neuerdings entdeckt wurde. Diese Entdeckung verdanken wir dem erwähnten Assistenten des botanischen Gartens zu Krakau, Herrn A. ZMUDA, aus dessen soeben (1914) erschienenem, mir zuvorkommend als Korrekturbogen teilweise mitgeteiltem Aufsatz folgende Aufschlüsse entnommen wurden. »Es sind fast ausschliesslich glaciale Süsswasserablagerungen an Stellen, wo unmittelbar nach dem Abschmelzen des Eises kleine Seen, Bäche, tundraähnliche Sümpfe, dazwischen aber auch trocknere Hügel vorhanden waren.»

Wenngleich mehrere Lehmgruben hier vorkommen, sind die glacialpflanzenführenden Schichten bisher nur in einer derselben beobachtet worden, die übrigen enthalten nur bedeutend jüngere Ablagerungen mit einer Waldflora, die unmittelbar auf miozänen Tonen ruhen. Man muss also annehmen, dass die älteren Schichten, die auch eventuell an diesen Stellen vorgekommen sind, vor der Ablagerung der die Waldflora einschliessenden jüngeren wegerodiert waren, was auch durch eine Lücke im Profil der betreffenden Grube angedeutet wird (s. u.). Dieser Umstand zeigt wie sehr man sich vor auf negativen Verhältnissen begründeten Schlussfolgerungen hüten

muss, denn ohne die von Herrn ZMUDA gemachte Entdeckung hätte man ja leicht glauben können, dass eine Glacialflora hier niemals gelebt hätte, sondern dass die erste Flora, die nach der Abschmelzung des Eises hier zu Hause war, eine Waldflora gewesen sei.

Das Profil der betreffenden Lehmgruben zeigt nach Herrn ZMUDA folgende Schichten, von welchen er 1 und 2 als »früh-postglacial« (was wohl unserem »spätglacial« entspricht), 3 als »postglacial« bezeichnet. Die unterste Schicht 1, die unmittelbar auf den miozänen Tonen ruht, ist ein toniger grobkörniger Sand, gemischt mit grobem, kiesigem und schotterigem Moränenmaterial mit nordischen Gesteinen, 5—15 cm mächtig. Darüber kommt 2, ein 3—15 cm mächtiger Glacialton, hie und da mit grösseren Quarz-, Granit- oder Sandsteinkörnern, im oberen Teile durch papierdünne, pflanzendetritusführende Schichten gebändert.

Die in den Schichten 1 und 2 eingeschlossene Flora fasst ZMUDA als eine Dryasflora arktisch-karpatischen Charakters zusammen. Schicht 1 hat 19 Arten von Laubmoosen und 13 von Phanerogamen geliefert, für Schicht 2 sind die entsprechenden Zahlen 37 und 23. Für die vollständigen Artenlisten verweise ich auf ZMUDA's Aufsatz, hier muss ich mich darauf beschränken, die von ihm selbst als wichtigste Arten hervorgehobenen anzuführen. Es sind dies: »*Dryas octopetala*, *Loiseleuria procumbens*, *Salix herbacea*, *polaris*, *reticulata* und *retusa* und *Thymus carpathicus*; die letztgenannte heute nur in den Karpaten wachsende, dem Norden fehlende Pflanze weist auf einen Zusammenhang dieser Flora mit derjenigen der Karpaten hin, der aber auf Grund des Krakauer Diluviums nicht näher klargelegt werden kann. Für diesen Zusammenhang sprechen auch andere hier vorkommende, dem Norden fehlende Pflanzen, wie z. B. *Biscutella laevigata* und *Campanula pusilla*. Den arktisch-karpatischen Charakter dieser Flora beweisen auch die Laubmoose; unter denselben gibt es auch einerseits arktische Typen, wie *Aulacomnium turgidum*,

Conostomum boreale, *Hygrohypnum ochraceum*, *Bryum lacustre*, *Mnium rugicum*, *Calliergon Richardsonii*, *Drepanocladus badius* und *Pseudocalliergon turgescens*, andererseits arktisch-karpatische, wie *Andreaea petrophila*, *Distichium capillaceum*, *Hedwigia albicans*, *Heterocladium squarrosulum*, *Brachythecium turgidum*, *Polytrichum sexangulare* und andere.»

Auch *Betula nana* kommt sowohl in Schicht 1 wie in Schicht 2 vor, in der letzteren auch *B. humilis*. Von Schicht 2 werden auch *Pinus cembra* und *Larix sp.* angegeben, und zwar infolge des Vorkommens von Holzresten, deren anatomischer Bau dieselben als zu diesen Arten gehörig erweisen. Die Frage, ob diese Holzreste hier wirklich auf primärer Lagerstätte vorhanden sind, wird unten besprochen. Auch vereinzelte Flügeldecken von Käfern wurden in Schicht 2 gefunden.

»Die meistens 50—70 cm mächtige, stellenweise aber auch 120 cm erreichende Schicht 3 ist petrographisch ganz verschieden ausgebildet als die Schicht 2, in ihrer Flora besteht dagegen eine fast völlige Übereinstimmung mit der Schicht 2. Die Flora unterliegt in der Schicht 3 einer allmählichen Änderung; in den unteren Teilen dieser Schicht enthält sie noch viel arktisches Material, später verarmt sie und besteht in den oberen Teilen fast ausschliesslich aus Moosen, neben welchen in *g* (ein Horizont im oberen Teile der Schicht) schon *Pinus silvestris* erscheint.» . . .

»Unter den Pflanzenresten dominieren Moosstengelchen, weshalb ich diese Schicht als Moostorf bezeichne. Derselbe besteht fast ausschliesslich aus Laubmoosen; Torfmoose gibt es fast keine, in dem sehr grossen Material, das ich untersuchte, fand ich nur vier kleine Ästchenstücke von *Sphagnum*. Sehr charakteristisch für alle Teile dieser Schicht ist das Vorkommen zahlreicher Holzstücke und berinderter Stengelchen von Sträuchern; die Hölzer liegen immer horizontal; sie sind entweder klein, meist 1 : 2 : 3 cm lang, oder grösser, bis 15 cm lang, 5 cm breit und dick, alle auf der Oberfläche glatt, immer mit abgerundeten Kanten, sie wurden also sicherlich vom Wasser

aus einer wahrscheinlich nicht weiten Entfernung herbeigebracht und am Boden des Bachbettes abgelagert.» . . .

»Grössere Holzstücke gehören ausschliesslich zur Arve und Lärche, sehr viele kleinere, teilweise noch mit Knospen bedeckte Ästchen zu der Zwergbirke, den Weiden und *Vacciniaceen*. In grosser Menge kommen Reste von grasblättrigen Monokotyledonen vor, wahrscheinlich sind es *Carex*- und *Eriophorum*-Arten, weil diese Schicht viele Früchte dieser Gattungen enthält. Von den Dikotyledonen begegnet man am häufigsten Blättern; es gibt aber auch Früchte und Samen, grösstenteils von Pflanzen, deren Blätter infolge ihrer Zartheit sich nicht erhalten haben. Auch ein Blütenstand wurde gefunden, nämlich ein Körbchen von *Leucanthemum vulgare*. Pollenkörner sind sehr selten, ich fand nur einmal eines von *Pinus*. Ich fand in dieser Schicht auch sehr gut und mit natürlichen Farben erhaltene Flügeldecken von Käfern. Die Schicht 3 ist von allen hinsichtlich der Zahl der Pflanzenarten die reichste; ich fand hier 2 Arten von Pilzen, 47 von Laubmoosen und 25 von Blütenpflanzen.» . . .

«Die häufigste Blütenpflanze der Schicht 3 ist *Betula nana*, ihre charakteristischen Blätter liegen hie und da in grosser Zahl aufeinander. Von den strauchigen Weiden tritt *Salix hastata v. alpestris* am häufigsten auf, von *Vacciniaceen* *Vaccinium vitis idaea* und *V. uliginosum*. Von Bäumen findet man *Pinus cembra* und *Larix spec.* häufig vertreten; in der Partie 9 dieser Schicht wurde auch ein Zapfen von *Pinus silvestris* gefunden. Als häufigste Laubmoosarten sind zu nennen: *Ceratodon purpureus v. paludosus*, *Mnium rugicum*, *Aulacomnium palustre v. imbricatum*, *Tomentypnum nitens*, *Cratoneuron filicinum*, *Calliergon Richardsonii* (in sehr grosser Quantität), *Calliergon giganteum*, *Calliergon stramineum*, *Warnstorfia exanulata* (die häufigste von allen Moosarten) und *Polytrichum juniperinum*.»

Die Schicht 3 wird von ZMUDA als postglacial aufgefasst, und da es ihm nicht zweckmässig erscheint, die Flora dersel-

ben nach *Betula nana*, zu nennen, die ja auch in anderen Schichten vorkommt, schlägt er statt dessen die Benennung *Calliergon-Flora*, vor, nach der Moosgattung *Calliergon*, deren sämtliche europäischen Arten in der betreffenden Zeit hier nebeneinander wuchsen, wie gegenwärtig nirgends in Europa». Doch bezeichnet er die Flora auch als die postglaciale Tundra- oder Arven- und Lärchenflora, weil Holzstücke von verschiedener Grösse dieser Bäume in allen Horizonten der Ablagerung vorkommen. Ich habe oben die Frage aufgestellt, ob man wirklich solche Holzreste als auf primärer Lagerstätte vorkommend auffassen kann, da weder Blätter, Zapfen, Samen noch Pollenkörner von denselben gefunden werden. Die Erfahrung von anderen Lokalitäten, die *Pinus*-Reste auf primärer Lage enthalten, hat ja gezeigt, dass die Pollenkörner von *Pinus* in solchem Falle massenhaft vorzukommen pflegen, hier wurde aber »nur einmal eines von *Pinus* gefunden». Bei uns sind dazu sowohl Zapfen wie Blätter der Kiefer in der Kieferregion der Torfmoore und Kalktuffablagerungen häufig, warum fehlen die entsprechenden Reste der Arve und der Lärche in der Ludwinower Ablagerung gänzlich? Dies Fehlen scheint mir darauf zu deuten, dass die Holzreste dieser Bäume hier auf sekundärer Lagerstätte vorkommen. Ich begnüge mich aber vorläufig damit, die Aufmerksamkeit auf diese Frage gelenkt zu haben, hoffentlich wird dieselbe seinerzeit zur Entscheidung gebracht werden können.¹

¹ Die Mischung von Pflanzenresten, die auf primärer Lagerstätte vorkommen, mit solchen, die in derselben Ablagerung sekundär eingeschlossen sind, ist ein Verhältnis, das leicht zu falschen Schlussfolgerungen veranlassen kann. Ich habe in Schonen beobachtet, wie Reste der Dryasflora (Blätter von *Dryas*, *Salices* etc.) an einer Stelle, wo ein Graben durch eine an Pflanzen sehr reiche spätglaciale Sandablagerung gezogen wurde, mit Resten der recenten Flora gemischt wurden. Ein Bach, der verschiedene pflanzenführende Schichten durchschneidet, kann natürlich in ähnlicher Weise Reste von Floren verschiedenen Alters zusammenmischen, ohne dass man dieselben bei der Schlammung der Proben von einander unterscheiden kann. Dies gilt insonderheit für Samen, Früchte, Fruchtschuppen, Pollenkörner, Zweig- und Holzreste, während die Blätter im allgemeinen bei einer solchen Umlagerung zerstört werden dürften, wenn sie nicht klein und besonders widerstandsfähig sind, wie z. B. die kleinen *Dryas*-

Es soll endlich nicht unerwähnt bleiben, dass ZMUDA den Umstand hervorhebt, dass in den Schichten 1—3 (insonderheit in 3) neben den arktisch-alpinen Arten auch andere Pflanzen vorkommen, »die nur in einem von dem heutigen nicht wesentlich verschiedenen Klima gedeihen konnten«. Er stellt z. B. die Arten in folgender Liste zusammen um diese Kontraste zu zeigen, wobei die arktisch-alpinen (karpatischen) Arten links, die eines wärmeren Klimas rechts verzeichnet sind. Die eingeklammerten Ziffern geben das Vorkommen der Reste in den verschiedenen Schichten an.

<i>Salix herbacea</i> (1, 2)	<i>Sparganium ramosum</i> (3)
— <i>polaris</i> (1, 2)	<i>Potamogeton obtusifolius</i> (1—3)
— <i>reticulata</i> (1, 2)	<i>Carex digitata</i> (3)
— <i>retusa</i> (1—3)	<i>Rumex</i> cfr. <i>crispus</i> (3)
— <i>myrtilloides</i> (1—3)	<i>Ranunculus repens</i> (3)
— <i>hastata</i> v. <i>alpestris</i> (1—3)	<i>Potentilla</i> cfr. <i>argentea</i> (2)
<i>Betula humilis</i> (2, 3)	<i>Anthyllis vulneraria</i> (3)
— <i>nana</i> (1—3)	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> (2)
<i>Polygonum viviparum</i> (2)	<i>Armeria vulgaris</i> v. <i>maritima</i> (3) ¹
<i>Dryas octopetala</i> (1)	<i>Leucanthemum vulgare</i> (3)
<i>Loiseleuria procumbens</i> (1)	<i>Leontodon hispidus</i> (3)
<i>Thymus carpaticus</i> (1)	
<i>Campanula pusilla</i> (2)	

»Unter den Laubmoosen der Krakauer *Dryas*- und Tundra-schichten treten solche Unterschiede nicht deutlich hervor.«

Es ist dies derselbe scheinbare Gegensatz, der oben besprochen wurde und der von den von den hochnordischen abweichenden ökologischen Verhältnissen herrühren dürfte, die von der niedrigeren geographischen Breite notwendig verursacht

blätter mit umgebogenem Rand, vielleicht auch kleinere Blätter der Zwergbirke. Wie man das Vorhandensein einer solchen Mischung entdecken soll, ist nicht leicht zu sagen, doch dürfte wohl die stratigraphische Untersuchung der Ablagerung im allgemeinen Aufschlüsse darüber gewähren können, ob Gründe für die Annahme eines Vorkommens von sekundär eingeschlossenen Resten vorliegen.

¹ Diese Art kommt auch in Grönland vor, und sollte darum von dieser Liste ausgeschlossen werden.

werden mussten. Wie wir sehen kommen die mehr wärmeliebenden Arten hauptsächlich in der Schicht 3 vor.

Die Schichten 1 bis 3 kündigen offenbar eine allmähliche Verbesserung des Klimas während der Ablagerung derselben an. Der obere Teil der Schicht 3 ist aber einer Erosion ausgesetzt gewesen, und hier ist leider eine grosse Lücke, denn nun folgt ohne Übergang die Waldflora mit überwiegender Tanne, Buche und Haselnuss, die für unseren jetzigen Zweck kein Interesse beansprucht.

Während ZMUDA das Vorkommen der Dryasflora und der später folgenden Tundraflora an dieser Stelle unter etwa 50° n. Br. und in einer Meereshöhe von wenig über 200 m als eine natürliche Folge einer wesentlichen Temperaturerniedrigung erklärt, spricht er gleichzeitig die Meinung aus, dass diese Erniedrigung durch die Nähe des Landeises verursacht wurde und sich also nur in geringer Entfernung von diesem erstreckt haben dürfte. In dieser Auffassung kann ich ihm nicht folgen, denn nicht nur am Rand des Eises, sondern auch über dem ganzen nicht eisbedeckten Teil Mitteleuropas zwischen den Gebieten der nordischen und alpinen Vereisungen muss sich die allgemeine Temperaturerniedrigung der Eiszeit geltend gemacht haben.

Es wurde oben bereits hervorgehoben, dass die Lokalität bei Deuben, die die fossile Glacialflora geliefert hat, während der Zeit als diese Flora existierte sich oberhalb der Baumgrenze befunden haben muss. Das gleiche gilt für Borna und Luga wie auch für Krakau und Krystynopol. Bei dem Versuch die Senkung der Baumgrenze zu berechnen kann man natürlich nur einen Minimalwert erhalten, denn wir wissen nicht wie hoch oberhalb der Baumgrenze z. B. Deuben damals gelegen war. Von der Baumgrenze im Riesengebirge ausgehend, muss man als einen Minimalwert eine Senkung derselben um wenigstens 1 100 m für Deuben annehmen. Es ist für diese Frage gleichgiltig, ob diese Senkung durch die allgemeine Temperaturerniedrigung oder durch eine eventuelle

höhere Lage dieses Landteiles während der Eiszeit oder durch beide Ursachen zusammen verursacht wurde.

Für die hochwichtige Lokalität **Krutzelried** bei Schwerzenbach in der Schweiz, wo ich die fossile Dryasflora schon 1872 entdeckte, kann man die Senkung der Baumgrenze während der Zeit, als die betreffende Ablagerung gebildet wurde, sicher auf wenigstens 1400 *m* schätzen. Krutzelried liegt nämlich auf 450 *m* Meereshöhe, während die Baumgrenze an den nächstliegenden Gebirgen, laut freundlicher Mitteilung von Prof. C. SCHRÖTER, etwa bei 1800 *m* verläuft. Die an Krutzelried seinerzeit vorkommende Dryasflora muss natürlich oberhalb der Baumgrenze gelebt haben. Da aber die Ablagerung aus einer Zeit stammt, wo die Gletscher schon im Rückzug begriffen waren, muss die Senkung der Baumgrenze während des Maximums der Vereisung noch grösser gewesen sein. Geht man von PENCK's Isohypse für die eiszeitliche Schneegrenze — 1000 *m* — hier aus, so erhält man für die Baumgrenze eine Höhe von 200 *m*, was mit den tatsächlichen Verhältnissen anscheinend gut übereinstimmt.

Nach allem was vorstehend angeführt wurde, scheint es also theoretisch wahrscheinlich zu sein, dass, wie ich schon 1895 hervorgehoben habe, wenigstens diejenigen Teile des zwischen den nordischen und alpinen Eismassen befindlichen Gebiets, die sich in einer Meereshöhe von mehr als 200 *m* befinden, während des Maximums der Vereisung oberhalb der Baumgrenze gelegen waren. Es wäre doch wünschenswert, diese Frage nach Funden von Resten der damaligen Vegetation endgiltig entscheiden zu können.

Es ist klar, dass man bei jeder Diskussion über die Glacialflora der Eiszeit zwischen den Verhältnissen, die während des Maximums der Vereisung und denjenigen, die während der schliesslichen Abschmelzung und des Rückzugs des Eises herrschten, streng unterscheiden muss. Denn mit der Zunahme der Wärme traten endlich Veränderungen ein, die andere ökologische Bedingungen als die während des Maximums der Eis-

verbreitung herrschenden, notwendig hervorbringen mussten. Ich habe dies schon 1883 folgendermassen hervorgehoben: «Es ist zu bemerken, dass man nicht notwendig voraussetzen muss, dass dem abschmelzenden Eise immer eine rein glaciale Flora nachfolgte. Dies hängt davon ab, wie schnell die Abschmelzung im Verhältnis zur Temperaturzunahme fortschreiten konnte. Erfolgte die letztere relativ schneller, so lässt sich wohl denken, dass die glaciale Flora von südlicheren Formen verdrängt wurde, so dass sich z. B. Birkenwälder oder sogar Nadelholzwälder fast am Rande selbst des Eises finden konnten. Dass dies noch nicht der Fall war, als das Eis in Schonen schmolz, wissen wir durch die dortigen fossilen Glacialpflanzen; wie es sich aber in dieser Hinsicht in dem übrigen Schweden verhielt, ist noch nicht ermittelt. Noch weniger weiss man, wie sich das Verhältnis in Nordamerika gestaltet hat.»

Ich werde mich in diesem Aufsatz nicht mit den inzwischen im mittleren und nördlichen Schweden gewonnenen Erfahrungen beschäftigen, hebe auch nur beiläufig hervor, dass die seit 1883 gemachten Funde die Richtigkeit obiger für Schonen gezogenen Schlussfolgerungen vollends bestätigt haben. Über fast die ganze Provinz war seinerzeit eine glaciale Flora verbreitet, die dortige Vegetation hatte damals etwa dasselbe Aussehen wie auf einer baumlosen arktischen Tundra. Nachdem ich 1891 mehrere Fundstätten mit fossilen Glacialpflanzen in den russischen Ostseeprovinzen und Norddeutschland entdeckt hatte, konnte ich (1892) die damalige Erfahrung folgendermassen zusammenfassen:

»Die Funde, welche innerhalb der Area des vom grossen nordischen Inlandeise einmal bedeckten Gebietes gemacht worden sind, beweisen unmittelbar, dass die Glacialflora seinerzeit vom finnischen Meerbusen bis nach Süd-England verbreitet war. Mittelbar beweisen aber, meiner Meinung nach, dieselben Funde auch, dass diese Flora den Rand des Eises bei dessen grösster Ausbreitung ebenfalls umsäumt haben muss.

Denn während der grössten Ausbreitung des Eises muss selbstverständlich das glaciale Klima (um einen solchen Ausdruck zu benutzen) seinen Höhepunkt erreicht haben, während dagegen die Abschmelzung des Eises durch verbesserte Verhältnisse des Klimas verursacht wurde. Wenn das Inlandeis nicht schon bei seiner grössten Ausdehnung von der glacialen Flora umsäumt gewesen wäre, dürfte eine solche noch weniger dasselbe umgeben haben, als es sich bis ins nördlichen Deutschland zurückgezogen hatte. Wenn der Rand des Inlandeises früher von einer Waldvegetation begleitet gewesen wäre, dann hätte diese das Eis wohl ebenfalls bei der Abschmelzung begleitet. Dies ist aber eben nicht der Fall, wir finden vielmehr, dass die glacialen Süsswasserablagerungen überall die Reste einer reinen Glacialflora enthalten, und wir können demzufolge schliessen, dass eine solche auch den Rand des Eises bei seiner grössten Ausdehnung umgeben haben muss. Als eine direkte Stütze dieser Annahme können übrigens die Funde im südlichen England angeführt werden.

Ganz ähnliche Schlussfolgerungen können für die Ränder der alpinen Gletscher während der Eiszeit gezogen werden, und wir können ferner sagen, dass eine glaciale Flora auch auf den Gebirgen zwischen dem Rande des nordischen Inlandeises und dem der alpinen Gletscher auf der Nordseite der Alpen gelebt haben muss. Ob dieselbe auch die ganze Tiefebene im zwischenliegenden Gebiet bedeckt hat, sei bis auf weiteres dahingestellt; das kann erst durch fortgesetzte Untersuchungen der fossilen Pflanzen des betreffenden Gebietes entschieden werden. In pflanzengeographischer Hinsicht ist aber dieser Mangel unserer Kenntnis, soweit er die Glacialflora betrifft, ziemlich bedeutungslos, denn es dürfte jedenfalls eine Pflanzenwanderung zwischen dem Rande des nordischen Inlandeises und den äussersten Rändern der alpinen Gletscher auf der Nordseite der Alpen dann ohne Schwierigkeit stattgefunden haben können.»¹

¹ Tatsächlich finden wir ja in der Ablagerung bei Krutzleried in der Schweiz

Die bei Deuben, Borna, Luga, Krakau und Krystynopol seither gemachten Funde haben obige Ansichten bestätigt, wir wissen jetzt, dass eine Glacialflora wirklich auch in Mitteldeutschland und Galizien bei 50°—51° n. Br. seinerzeit lebte. Es ist hierbei von besonderer Bedeutung, dass, wie mir Dr. K. PIETZSCH kürzlich mitgeteilt hat, »die pflanzenführende Diluvialschicht von Deuben nichts mit der grossen (zweiten) Vereisung zu tun hat, sondern auf die dritte Eiszeit zu beziehen ist, deren Grundmoräne aber Sachsen nicht mehr erreicht hat. Für Luga gilt ganz genau dasselbe. Beide Ablagerungen (Deuben und Luga) sind ungefähr Äquivalente der dritten Vereisung und liegen südlich des Eisrandes. Die zweite (grosse) Vereisung ist dagegen bekanntlich noch südlicher gegangen.»

Der Umstand, dass eine glaciale Flora seinerzeit bei Deuben gediehen ist, wenngleich diese Lokalität sich so weit entfernt von dem mit der Flora gleichzeitigen Eisrand befand, ist ein weiterer Beweis für die Unrichtigkeit der Behauptungen,¹ »dass das Vorkommen der kälteliebenden Arten [der Dryasflora] durch die Nähe des Gletschers bedingt war«, und dass »die Dryasflora sich nur an den Rand der Vereisung anklammerte, also nur eine relativ schmale Region bewohnte«. Auch die Verhältnisse in Schonen beweisen ja vollends, dass es den erwähnten Behauptungen an jeder sachlichen Unterlage fehlt. Damit ist aber auch erwiesen, dass der glaciale Charakter der Flora durch eine Temperaturerniedrigung bedingt war. Wenn die Baumgrenze, wie aus den fossilen Glacialfloren bei Deuben und Schwerzenbach (Krutzelried) hervorzugehen scheint (NATHORST 1895), wirklich eine grössere Senkung als die Schneegrenze erfahren hat, wäre dies ein weiterer Beweis für eine starke Erniedrigung der Sommertemperatur während der Eiszeit.

neben anderen arktischen Arten auch *Salix polaris*, die heutzutage nicht in den Alpen vorkommt, während umgekehrt alpine Arten in der Bornaablagerung gefunden wurden.

Anmerkung 1914.

¹ BROCKMANN-JEROSCH, l. c.

Wie durchaus unrichtig die Behauptung ist, »dass das Vorkommen der kälteliebenden Arten durch die Nähe des Gletschers bedingt war« geht auch aus dem von mir schon früher (1910) angeführten Umstand hervor, dass Süßwasserablagerungen mit arktischen Pflanzen an mehreren Stellen in Schweden innerhalb solcher Gebiete gefunden wurden, die seinerzeit von dem Eismeer bedeckt waren, das nach dem Zurückweichen des Eises und der Senkung des Landes dieselben überflutet hat. Das Klima war also fortdauernd den »kälteliebenden Arten« angepasst, nachdem sich das Land wieder über das Meer erhoben hatte. Dies setzt eine lange Reihe von Veränderungen voraus: Eisbedeckung, Rückzug des Eises und Senkung des Landes, Hebung des Landes, Einwanderung der glacialen Flora auf die früher vom Meere bedeckten Gebiete, wo natürlich von einer »Nähe des Gletschers« nicht mehr die Rede sein kann. Auch die Lokalität Kunda in Estland mit ihrer reichen fossilen Glacialflora liegt nach DE GEER unterhalb der marinen Grenze.

Einen ganz entscheidenden Beweis für die Temperaturerniedrigung während der Eiszeit gewährt das von W. SUKATSCHEFF (1910) entdeckte Vorkommen fossiler Glacialpflanzen am Ufer des Flusses Irtysch (Gouv. Tobolsk) in Sibirien. Der Fundort liegt am rechten Ufer des Flusses, am Demjanskoje, bei 59° 39' n. Br. mitten im Waldgebiet Sibiriens, und die hier gefundene fossile Glacialflora setzt sich aus folgenden Arten zusammen: *Salix polaris*, *S. herbacea*, *Dryas octopetala* (sowohl Blätter wie Stämme), *Betula nana* (Blätter, Fruchtschuppen, Früchte), *Pachypleurum alpinum*, *Vaccinium uliginosum*, *Menyanthes trifoliata*, *Potamogeton* sp., *Carex* sp., *Mnium hymenophyllloides*, *Polytrichum* sp., *Amblystegium* sp. Die Lokalität liegt weit ausserhalb der in der Eiszeit vergletscherten Gebiete, nach PENCK's Karte 1906 mehr als 500 km vom Eisrande entfernt.¹ Es wäre also vollkommen sinnlos hier

¹ KAYSER's Angabe (1911. S. 647, Fussnote), dass den angegebenen Arten einige Holzgewächse beigemischt sind, beruht wohl auf einer Missdeutung des russischen Textes. Diese Holzreste, deren anatomischer Bau dieselben als Pi-

zu sagen, »dass das Vorkommen der kälteliebenden Arten durch die Nähe des Gletschers bedingt war. Dasselbe rührt vielmehr von der grossen Temperaturerniedrigung der Eiszeit her, die auch hier die Existenz einer Waldflora verhinderte und nur das Gedeihen einer arktischen Tundraflora gestattete, was eine Verschiebung der Baumgrenze nach Süden um mehrere Breitengrade bedeutet.

Bei dem letzten und endgültigen Rückzug des skandinavischen Landeises sowie der alpinen Gletscher traten allmählich günstigere Verhältnisse ein. Wenn wir z. B. an die Zeit denken, als das Eis sich von Norddeutschland zurückgezogen hatte, während dagegen Skandinavien von demselben mehr minder noch bedeckt war, dann könnten die Gebiete um Krynopol, Krakau, Borna, Deuben und Luga, die ehemals die arktisch-alpine Tundraflora beherbergt hatten, vom Waldwuchs wieder erobert sein (vorausgesetzt, dass es sich nicht gerade dann um die Steppenzeit handelte). Für diese Zeit des endgültigen Rückzugs des Eises traten die oben erwähnten Verhältnisse ein, auf welche 1883 die Aufmerksamkeit gelenkt wurde: dass nämlich die Beschaffenheit der den Eisrand umsäumenden Flora davon abhängen musste, »wie schnell die Abschmelzung im Verhältnis zur Temperaturzunahme fortschreiten konnte. Erfolgte die letztere relativ schneller, so lässt sich wohl denken, dass die glaciale Flora von südlicheren Formen verdrängt wurde, so dass sich z. B. Birkenwälder oder sogar Nadelholzwälder fast am Rande selbst des Eises finden konnten.»

Dass die Glacialflora, die seinerzeit nach dem Rückzug oder der Abschmelzung des letzten Landeises in Schonen zu Hause war, eine weite Verbreitung über diese Provinz gehabt haben muss, geht aus den dortigen Verhältnissen, wie oben mehrfach erwähnt, deutlich hervor. Von besonderem Interesse ist

cea und *Salix* oder *Populus* angehörig erweisen, wurden nach brieflicher Mitteilung von Herrn SÜKATSCHOFF nicht in derselben Schicht wie die Glacialpflanzen gefunden.

dabei der Umstand, dass man die Verbesserung des Klimas an günstigen Lokalitäten so zu sagen schrittweise verfolgen kann. Ich erlaube mir in dieser Hinsicht folgenden Passus aus meinem Aufsatz von 1910 zu zitieren:

»Schon bei meinen ersten Untersuchungen in den 1870er Jahren konnte ich hervorheben, dass man in den Fällen, wo die Ablagerung mächtiger ist, eine untere durch *Salix polaris* und *Dryas octopetala* charakterisierte Abteilung von einer oberen unterscheiden könne, in welcher auch andere Arten hinzukommen. Die beiden erwähnten Arten sind, wie wir wissen, auch in dem Eisstauseeton bei Thorsjö gefunden worden, und man kann sagen, dass sie das am meisten ausgeprägte arktische Element der Flora und die zuerst eingewanderten Arten repräsentieren. GUNNAR ANDERSSON hat später dieselbe Beobachtung gemacht, ebenso HOLST (Fundorte westlich von Fotevik), und ausserhalb Schonen habe ich bei Projensdorf in Holstein das nämliche konstatiert. Etwas höher hinauf kommen *Betula nana* und *Salix reticulata* hinzu, bisweilen auch *Salix herbacea*, während *Salix polaris* nach und nach seltener wird und verschwindet, *Dryas* dagegen nach wie zuvor vorhanden ist. Von anderen Landpflanzen seien *Oxyria digyna*, *Polygonum viviparum* etc. erwähnt.

Während die Arten in den untersten Schichten, die zunächst nach dem Abschmelzen des Eises herrschenden arktischsten Bedingungen charakterisieren, kann von den mittleren gesagt werden, dass sie immer weniger extreme Verhältnisse angeben, indem nun auch andere *Salices* hinzukommen, wie *S. myrsinites*, *S. myrtilloides* und *S. retusa* (die Bestimmungen nicht völlig definitiv). Die obersten spätglacialen Schichten werden durch eine Vegetation charakterisiert, die der Weidenregion entspricht, indem nun *Salix phylicifolia* und *S. Lapponum* vorherrschend werden. Es ist klar, dass es eine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Abteilungen nicht geben kann, indem sich eine Art an manchen Stellen etwas höher hinauf fortsetzen kann als an anderen; aber die vorstehend angeführte

Reihenfolge der verschiedenen Arten kann jedenfalls als festgestellt angesehen werden.

Von der Zone mit *Salix phylicifolia* kann man sagen, dass sie den Abschluss der spätglacialen Ablagerungsserie bezeichnet. Darüber kommt Mudde oder Torf mit den Arten der postglacialen Birkenregion, unter denen *Betula nana* bisweilen noch fortlebt. Der Grund des scheinbar plötzlichen Abbruches auch in petrographischer Hinsicht, indem der Ton durch Mudde oder Torf ersetzt wird, liegt zweifelsohne darin, dass der Boden um diese Zeit von einem so dichten Pflanzenteppich bedeckt worden ist, dass das Schmelzwasser der nun auch verringerten Schneemassen keine nennenswerte Schlammmassen mehr mitführen konnte. In den kleinen Seen und Teichen konnte daher die Mudde- und Torfbildung, auch durch das reichere Pflanzenleben des gemässigten Klimas begünstigt, ungestört fortgehen, zumal die kleineren Becken nunmehr so seicht geworden waren, dass sie tatsächlich angefangen hatten zuzuwachsen.»

Dass das Klima Mitteld Deutschlands zur gleichen Zeit als die Dryasflora in Schonen florierte ein etwas günstigeres gewesen sein muss, ist, wie oben schon angedeutet wurde, ohne weiteres klar. Man kann sich daher sehr wohl das damalige Vorkommen von Birken- oder Kiefernwäldern in Mitteld Deutschland denken, und die Pollenkörner des letzteren Baumes die an einigen Lokalitäten in den Dryastonen Schöns gefunden wurden, deuten ja das Gedeihen desselben an irgendeiner Stelle des europäischen Kontinents an. Man kann diese Verhältnisse auch auf solche Weise ausdrücken, dass die postglaciale Zeit in Mitteld Deutschland schon zu einer Zeit begonnen hatte, als spätglaciale Verhältnisse in Südschweden noch vorherrschend waren.

Stockholm den 25. März 1914.

Literatur-Liste.

- ANDERSSON, G. 1906. Die Entwicklungsgeschichte der skandinavischen Flora. Résult. scient. du Congrès intern. de Bot. Wien 1905. Jena.
- ARESCHOUG, F. 1867. Bidrag till den skandinaviska vegetationens historia. Acta Univ. Lundensis 3 (1866). Lund.
- BROCKMANN-JEROSCH, H. 1910. Die fossilen Pflanzenreste des glacialen Delta bei Kaltbrunn (bei Uznach, Kanton St. Gallen) und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. Jahrb. d. St. Gallisch. Naturw. Ges. für 1909. St. Gallen.
- DARWIN, CH. 1860. Über die Entstehung der Arten. Übersetzt von H. G. Bronn. Stuttgart.
- ENGLER, AD. 1879. Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode. 1. Die extratropischen Gebiete der nördlichen Hemisphäre. Leipzig.
- — 1899. Die Entwicklung der Pflanzengeographie in den letzten hundert Jahren und weitere Aufgaben derselben. In Humboldt-Centenar-Schrift der Ges. f. Erdkunde zu Berlin.
- — 1914. Pflanzengeographie. Kultur der Gegenwart. T. 3, Abt. 4:4. Leipzig-Berlin.
- FELIX, J. 1909. Über einige bemerkenswerte Funde im Diluvium der Gegend von Leipzig. Sitzber. Naturf. Ges. zu Leipzig. 36.
- — 1912. Das Mammut von Borna. Veröffentl. d. städt. Museums f. Völkerkunde zu Leipzig. Heft 4. Leipzig.
- FORBES, EDW. 1846. On the Connexion between the Distribution of the Existing Fauna and Flora of the British Isles, and the Geological Changes, which have affected their area, especially during the epoch of the Northern Drift. Mem. Geol. Survey of Gr. Britain. Vol. 1. Deutsche Übersetzung in Jahrb. d. k. k. Geolog. Reichsanst. 9 (1858), S. 575 ff. Wien.
- HARTZ, N. 1902. Bidrag til Danmarks senglaciale Flora og Fauna Danmarks geol. Unders. 2. Raekke, N:o 11.
- HEER, O. 1864. Eröffnungsrede bei der 48. Jahresversammlung der Schweizer. Naturf. Ges. in Zürich den 22. Aug. 1864.

- (Französisch in Arch. des scienc. phys. et nat., t. 21, Dec. 1864, Genève, und in Ann. d. sc. nat. Bot. 5 sér., t. 3. 1865. Paris.)
- HEER, O. 1865. Die Urwelt der Schweiz. Zürich. 2te Aufl. 1879.
- — 1873. Arnold Escher von der Linth, Lebensbild eines schweizerischen Naturforschers. Zürich.
- — 1884: 1. Übersicht der nivalen Flora der Schweiz. Jahrb. d. Schweiz. Alpenclubs. Bd 19. Bern.
- — 1884: 2. Über die nivale Flora der Schweiz. Denkschr. d. allgem. schweiz. Ges. f. d. ges. Naturw. 29. Zürich.
- HOOKE, J. D. 1861. Outlines of the distribution of arctic plants. Trans. Linn. Soc. London. 23: 2.
- KAYSER, E. 1911. Lehrbuch der geologischen Formationskunde (Geologie, Teil 2). 4. Aufl. Stuttgart.
- LEPSIUS, R. 1910. Die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen. Abh. d. grossh. Hessisch. Geol. Landesanstalt zu Darmstadt. 5: 1.
- NATHORST, A. G. 1871. Om några arktiska växtlämningar i en söt-vattenslera vid Alnarp i Skåne. Acta Univ. Lundensis. 7 (1870). Lund.
- — 1881. Über neue Funde von fossilen Glacialpflanzen. Englers Bot. Jahrbücher. I. Leipzig.
- — 1883. Polarforskningens bidrag till forntidens växtgeografi. In A. E. NORDENSKIÖLD, Studier och forskningar föranledda af mina resor i Höga Norden. Stockholm. (Deutsche Auflage bei Brockhaus in Leipzig, 1885.)
- — 1891. Bemerkungen über Professor Dr. O. DRUDE's Aufsatz: »Betrachtungen über die hypothetischen vegetationslosen Einöden im temperierten Klima der nördlichen Hemisphäre zur Eiszeit. Englers Bot. Jahrbücher. 13. Leipzig.
- — 1891. Den arktiska florans forna utbredning i länderna öster och söder om Östersjön. Ymer. 11. Stockholm.
- — 1892. Über den gegenwärtigen Standpunkt unserer Kenntnis von dem Vorkommen fossiler Glacialpflanzen. Bihang till Vet.-Akad. Handl. Bd. 17, Afd. 3, Nr. 5. Stockholm.
- — 1894. Die Entdeckung einer fossilen Glacialflora in Sachsen, am äussersten Rande des nordischen Diluviums. Öfversikt af Vet.-Akad. Förh. 51. Stockholm.
- — 1895. Frågan om istidens växtlighet i mellersta Europa. Ymer. 15. Stockholm.
- — 1910. Spätglaciale Süsswasserablagerungen mit arktischen Pflanzenresten in Schonen. Geol. Fören. Förhandl. 32. Stockholm.
- PENCK, A. 1906. Die Entwicklung Europas seit der Tertiärzeit. Résult. scient. du congrès intern. de Bot. Wien 1905. Jena.

- PENCK, A. 1912. Richard Lepsius über die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen. Zeitschr. f. Gletscherkunde. 6. Berlin.
- — und BRÜCKNER, E. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901—1909.
- SUKATSCHIEFF, W. 1910. Über das Vorkommen fossiler Glacialpflanzen am Ufer des Flusses Irtysch des Gouv. Tobolsk in Sibirien. Bull. acad. imp. d. scienc. St.-Petersbourg. Russisch.
- SZAFER, WL. 1911. Über eine alt-diluviale Flora in Krystynopol in Wolhynien. Kosmos. 36. Lwow. Polnisch.
- — 1912. Eine Dryas-Flora bei Krystynopol in Galizien. Bull. acad. d. scienc. de Cracovie. Classe d. sci. math. et nat. Sér. B.
- WEBER, C. A. 1906. Die Geschichte der Pflanzenwelt des norddeutschen Tieflandes seit der Tertiärzeit. Résult. scient. du congrès intern. de Bot. Wien 1905. Jena.
- — 1911. Sind die pflanzenführenden diluvialen Schichten von Kaltbrunn bei Uznach als glacial zu bezeichnen? Englers Bot. Jahrb. 45. Leipzig.
- — 1914. Die Mammutflora von Borna. Abh. Nat. Ver. Bremen. 23: 1.
- — und MÜLLER, G. 1904. Über eine frühdiluviale und vorglaciale Flora bei Lüneburg. Abh. k. preuss. geol. Landesanst. N. F. 40. Berlin.
- WESENBERG-LUND, C. 1909. Om Limnologiens Betydning for Kvar-tærgeologien, saerlig med Hensyn til postglaciale Tidsbestemmelser og Temperaturangivelser. Geolog. Fören. Förhandl. 31. Stockholm
- — 1912. Über einige eigentümliche Temperaturverhältnisse in der Litoralregion der baltischen Seen etc. Intern. Revue d. gesamt. Hydrobiologie. Leipzig.
- ZMUDA, A. 1914. Fossile Flora des Krakauer Diluviums. Bull. acad. d. scienc. de Cracovie. Classe d. sci. math. et nat. Sér. B.

De gåtfulla glacierrefflorna på Beeren Eiland.

Af

A. G. NATHORST.

I sin uppsats »Über die Verbreitung von Nephelinsyenit-Geschieben und die Ausbreitung des nordeuropäischen Inlandseises im nördlichen Russland»¹ har W. RAMSAY ådaga-lagt, att den timan-uralska inlandsisen utöfvat ett synnerli-gen märkligt inflytande på rörelseriktningen af den med den-samma sammanstötande fennoskandiska, ett inflytande som på ett mycket olika sätt under istidens olika faser gjort sig gällande. Det har i samband härmed blifvit uppenbart, att den förstnämnda ägt en betydlig mäktighet och utsträckning, ehuru dess gränser norr om den eurasiska kontinenten ännu icke äro fastställda. »Die Stauung im Osten», heter det, »giebt ferner eine Vorstellung von der Grösse und der Mäch-tigkeit des nordöstlichen Inlandseises. Der von ihm bedeckte Nord-Ural und das Petschora-Land bilden nur einen kleinen südlichsten Teil seines Gebietes. Dieses Inlandseis ist wohl wesentlich von Nowaja Semlja ausgegangen. Nach Osten hin hat es sich weit über den Westen von Nordsibirien und das Karische Meer ausgedehnt. Nach Westen hin hat es wohl nicht nur das fennoskandische Inlandseis, sondern auch vielleicht in Barents See die Eisströme von Franz-Josefs-Land und Spitzbergen beeinflusst.»²

¹ Fennia. 33. Helsingfors 1912—1913.

² Vergl. GERARD DE GEER, Om östra Spetsbergens glaciation under istiden, G. F. F. 22. 1900. S. 427, sowie späteren Mitteilungen, nach denen die Eis-massen sich nach NW hin im Storfjord bewegt haben.»

När jag läste denna uppsats samt såg de i texten meddelade kartskisserna fördes mina tankar genast till de gåtfulla glacierréfflor, som jag 1898 iakttagit på södra delen af Beeren Eiland, och som hittills icke fått någon tillfredsställande förklaring. Skulle de kanske kunna tänkas stå i samband med den timan-uralska inlandsisen?

Först några ord om hvad man hittills känner angående réfflor och nedisning på Beeren Eiland. Den första réfflobervationen därstädes gjordes af mig redan 1870, då jag på ett konglomerat vid stranden af östra kusten norr om Mount Misery iakttog i ungefär ost-västlig riktning löpande réfflor, hvilka jag då, ehuru med mycken tvekan, antog angifva en isrörelse från öster mot väster. »Lokalen — Réffeludden på kartan [udden S. om Kap Nordenskiöld] — återfanns 1898, och på flera andra ställen i närheten samt vid stranden norrut funnos likaledes réfflor. På grund af sandstenens förvitt-ring är det i allmänhet svårt att skilja mellan stöt- och läsidan, men några hållar visade med all önskvärd tydlighet, att rörelsen kommit från väster».¹ Observationer på olika ställen här angäfvö rörelsen från V 17° S, V, V 10° N, längre norrut på ostkusten, vid Engelska älfven söder om Kolbukten, från V 35° S och på nordkusten, vid östra stranden af Nordhamnen, från S 25°—29° O.

Af dessa iakttagelser framgick, att en lokal nedisning af Beeren Eiland varit förhanden samt »att isens rörelsecentrum icke befunnit sig på Mount Misery utan på låglandet nordväst därom» (l. c.). Dessa slutsatser bekräftades till fullo af J. G. ANDERSSONS iakttagelser 1899; han hade² nämligen äfven inne på ön funnit réfflor, som i förening med de förut iakttagna tydligt ådagalade »den från låglandets södra del radierande isrörelsen». Fig. 1 är en kopia af den af AN-

¹ A. G. NATHORST, Några upplysningar till den nya kartan öfver Beeren Eiland. Ymer 19. 1899.

² J. G. ANDERSSON, Den svenska expeditionen till Beeren Eiland sommaren 1899. Ymer 20. 1900.

DERSSON i anförda uppsats meddelade skissen öfver refflornas riktning på olika ställen af ön.

Jag hade emellertid 1898 funnit refflor på ännu ett ställe utom de ofvan nämnda och omtalar detta i ofvan anförda uppsats sålunda: »Emellertid finnas omständigheter, som tala för, att äfven andra centra för isens rörelser funnits jämte låglandets, såvida det ej gäller två skilda nedisnin-



Fig. 1. Kartskiss visande reffelriktningen på Beeren Eiland (J. G. ANDERSSON 1900). Vid A »de gätfulla refflorna.«

gar.¹ Tvärs öfver utlöparen af Alfreds fjäll sydost om Ellas sjö, på en höjd af cirka 160 *m* öfver hafvet, har nämligen isen — såsom af där befintliga utomordentligt vackra refflor framgår — rört sig mot väster, närmare bestämdt från O 10° S och O 15° S, hvilket för öfrigt äfven ådagaläggas af de block af silurisk kalk, som finnas inne på det underkarboniska [läs medelkarboniska] området. Hur allt

¹ Spärradt här.

detta skall förklaras, kan för närvarande icke afgöras, men det är ytterligare en interessant fråga, som sommarens Beeren-Eiland-expedition har att lösa.»

Tyvärr erhöles dock under denna expedition intet nytt uppslag till frågans lösning, utan J. G. ANDERSSON framhåller ifrågavarande refflors förekomst såsom fortfarande »mycket gåtfull», ehuru han anser, att den »torde möjligen kunna förklaras såsom beroende på en af terränghinder förorsakad lokal aflänkning af isrörelsen», en möjlighet, som enligt mitt förmenande nog är ganska minimal.

Såsom ofvan anförts skildrar jag refflorna på afsedda ställe såsom utomordentligt vackra. De förekomma på en alldeles jämnslipad håll af silurisk kalksten, och de erinrade mig lifligt om de vackra refflorna på ortoceratitkalken vid Rise-

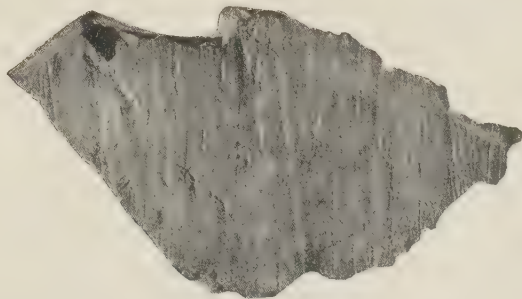


Fig. 2. Ytparti af den refflade hållen sydost om Ellas sjö. Nat. storl.

baek och andra ställen på Bornholm. Fig. 2 återgifver efter en fotografi en bit af den afslipade hållens yta i naturlig storlek. Hållen befinner sig på en i nord-syddlig riktning strykande kam, som sålunda af isen öfvertvärats, och höjden öfver hafvet — 160 m — är ju rätt afsevärd.

Frågan om dessa gåtfulla refflor vidröres åter af mig i mitt sammanfattande arbete öfver Beeren Eilands, Spetsbergens och Kung Karls lands geologi.¹ Sedan jag omnämnt

¹ A. G. NATHORST, Beiträge zur Geologie der Bären-Insel, Spitzbergens und des König-Karl-Landes. Bull. Geol. Inst. Uppsala. Vol. 10. Uppsala 1910.

den lokala nedisningen med centrum på södra delen af låglandet, heter det vidare: »Auf dem Alfred-Berg SO. vom Ella-See wurden jedoch sehr schöne Schrammen 1898 beobachtet, deren Richtung mit der der übrigen nicht harmoniert, sondern eine Bewegung einer Eismasse von O 10° S. ankündigt. Keine fremden Geschiebe deuten darauf hin, dass ein Eisstrom von ausserhalb der Insel diese erreicht hat. Wenn jedoch ein solcher von einem Zentrum in der jetzigen Barents-See sich in einem frühen Abschnitt der Eiszeit gegen die Bären-Insel bewegt hat, so ist damit nicht gesagt, dass die von ihm mitgebrachten Geschiebe von den Gesteinen der Bären-Insel von uns würden getrennt werden können, da die Schichten der Insel sich wohl weit gegen O. ausgedehnt haben. Die Deutung der erwähnten Schrammen ist der Zukunft vorbehalten; es ist ja möglich, dass ein anderes Eiszentrum auf dem Antarctic-Berg seinerzeit vorhanden war.»

Sistnämnda möjlighet synes mig dock fortfarande mycket osannolik, och då detsamma äfven gäller om försöket att ställa ifrågavarande refflor i samband med en lokal afvikelse af en från öns norra del utgående isström, blir man så godt som nödsakad att antaga, att de äro vittnesbörd om en främmande isström, som under ett tidigare skede af istiden nått fram till ön och öfverskridit åtminstone södra delen af densamma. Denna isström måste i så fall varit ganska mäktig för att kunna öfvertvåra de i nord-sydlig riktning löpande bergkammarne samt på anförda höjd (160 m) åstadkomma en så fullständig afslipning.

Att denna antagna isström måste hafva kommit från öster, med någon afvikelse mot söder, ådagaläggas ju af refflornas riktning, och det var väl med anledning häraf, som jag i min uppsats 1910 framkastade, att en eventuell sådan torde haft sitt centrum någonstades i Barents haf, hvars grunda botten väl under den tiden torde hafva varit höjd öfver hafvets nivå. Men jag hade visserligen ingen tanke på, att den skulle kunna stå i samband med den enligt RAMSAY från Nowaja Semlja

utgående timan-uralska inlandsisen, hvarom man ju då hade en högst obetydlig kännedom. Efter RAMSAYS, nu gifna framställning förefaller mig emellertid detta alternativ såsom ganska sannolikt, och de hittills gåtfulla refflorna på Beeren Eiland, sydost om Ellas sjö, skulle följaktligen enligt denna tolkning kunna anses såsom vittnesbörd därom, att den timan-uralska isströmmen sträckt sig ända hit. Det må i detta samband erinras om A. E. NORDENSKIÖLDS uttalande 1875:¹ »Sannolikt har under glacialperioden Spetsbergens vestkust bildat vestkusten ej allenast af en större ö, utan af en betydande arktisk kontinent, som söderut stod i sammanhang med Skandinavien och österut med Sibiriens fasta land.»

Af DE GEER's ofvan citerade uppsats om östra Spetsbergens glaciation under istiden framgår, att den landis, som han antager från Nordostlandet och Hinlopen hafva fyllt Storfjorden samt öfversvämmat Barents land och Stans Foreland, ända ute vid Storfjordens mynning haft en mäktighet af minst 600, troligen öfver 700 *m*. Han framhåller i samband härmed att frågan, huruvida östra Spetsbergens glaciation nått ända till Beeren Eiland, icke f. n. kan afgöras. I alla händelser är det tydligt, att en isström från östra Spetsbergen icke kan hafva förorsakat de gåtfulla refflorna sydost om Ellas sjö.

Om dessa i stället härröra från den timan-uralska inlandsisen, finge man väl tänka sig, att förhållandena äfven på Beeren-Eiland gestaltat sig sålunda, att början af nedisningen så till vida varit slutet lik, att ön först varit utsatt för en lokal glaciation; att den lokala landisen eller iskalotten sedermera, då den stora inlandsisen nådde ön, uppdämdes och sammanflöt med denna, samt att, sedan inlandsisen dragit sig tillbaka, den lokala landisen åter fick fritt spelrum, ehuru den synes varit inskränkt till öns norra del, där den naturligtvis, åtminstone till största delen, utplånat de märken

¹ A. E. NORDENSKIÖLD, Utkast till Isfjordens och Belsounds geologi. G. F. F. 2, s. 243 ff.

från den östra inlandisens inverkan, som tilläfsventyrs äfven där blifvit inristade.¹

Att inga för ön främmande block veterligen anträffats på Beeren Eiland torde kunna förklaras på det sätt, som ofvan anförts, äfvensom för öns norra del, såsom DE GEER framhållit, därigenom att de åter bortförts genom den lokala glaciationen. Å andra sidan får man ju icke tillmätta negativa vittnesbörd en allt för stor betydelse; det är ju möjligt, att block af afsedt slag framdeles skola uppdagas på öns södra del.

RAMSAY framhåller såsom vi ofvan sett, att den timan-uralska inlandsisen möjligen i Barents haf utöfvat inflytande äfven på isströmmarna från Spetsbergen och Frans Josefs land. Jag vill med anledning här af erinra om en egendomlig blockförekomst på Kung Karls land, närmare bestämdt på Kung Karls ö vid Andrées bay, som är belägen på öns sydsida nära ostspetsen. Där funnos nämligen² »vid stranden eller på relativt föga höjd öfver hafvet rundade block af fossilförande ljus, öfverkarbonisk kalk, lik den, som finnes i Lovéns berg m. fl. vid Hinlophen Strait. TSCHERNYSCHEW, för hvilken jag visat de hemförda profven, insamlade af J. G. ANDERSSON, har bland fossilen kunnat identifiera *Geinitzella columnaris*, *Athyris Roisii*, *Rhynchopora Nikitini*, *Spiriferina*, *Camero-*

¹ Om här uttalade förmodan är riktig, är det icke otänkbart, att de af mig 1870 på Reffeludden observerade refflorna verkligen härröra från den timan-uralska landisen. När jag återfann dem 1898, visade det sig hardt när omöjligt att afgöra, på hvilken sida stötsidan var belägen. Jag åtföljdes af GUNNAR ANDERSSON, och jag minnes ännu, att vi länge diskuterade frågan samt att denne till en början förfäktade min gamla uppfattning från 1870. Då vi emellertid något nordligare funno afslipade hällar med tydlig stötsida vänd mot ön, ansågo vi, att refflorna på Reffeludden äfven härrörde från med samma rörelseriktning framskridande is. Detta var ju helt naturligt, men omöjligt är dock icke, att ifrågavarande refflor på konglomerathällen, eller en del af dem, haft samma ursprung som refflorna sydest om Ellas sjö och att de här af en eller annan anledning undgått att utplånas af den lokala nedisningen. I stället för refflor från V 10° N skulle det i så fall vara refflor från O 10° S.

² A. G. NATHORST, Bidrag till Kung Karls lands geologi. G. F. F. 23, s. 341 1901.

phoria m. fl. Block af denna kalk iaktogs icke på något annat ställe.» Dessa block kunna möjligen stå i direkt eller indirekt förbindelse med den timan-uralska inlandsisen, ty det är föga sannolikt, att de kunnat komma till denna plats från Spetsbergen. Det anmärkningsvärda med deras förekomst är, att de på detta begränsade område voro relativt talrika, hvilket onekligen tyder på transport medelst glacieris, vare sig denna varit simmande eller framskridit öfver land.
